

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ
КАФЕДРА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ
И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ

*Сборник статей
по материалам студенческой
научно-практической конференции*

25 апреля 2017 г

СЕВАСТОПОЛЬ 2017



УДК 620.9, 621.31

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Редакционная коллегия:

Шайтор Николай Михайлович к.т.н., доцент	Гусева Елена Виктальевна к.т.н., доцент
Кузнецов Павел Николаевич старший преподаватель	Гайдук Светлана Владимировна старший преподаватель
Малюк Евгений Григорьевич старший преподаватель	Куликова Наталья Александровна старший преподаватель
Смирнов Вадим Викторович старший преподаватель	Титаренко Оксана Николаевна, старший преподаватель
Чебоксаров Виктор Валерьевич к.т.н., доцент	Лавренчук Антон Анатольевич преподаватель
Горпинченко Александр Владимирович, к.т.н.	Крастелев Олег Михайлович старший преподаватель
Рясков Юрий Иванович к.т.н., доцент	Шестернева Александра Михайловна преподаватель
Смокталь Николай Николаевич преподаватель	Сафонов Владимир Александрович дтн, профессор
Кувшинов Владимир Владиславович к.т.н. доцент	Майорова Юлия Александровна преподаватель

Публикация и размещение в электронном репозитории СевГУ настоящего сборника одобрено на заседании кафедры «Возобновляемые источники энергии и электрические системы и сети», протокол №5/17 от 03.05.2017 г.

В сборнике представлены материалы докладов и сообщений студенческой научно-практической конференции студентов кафедры «Возобновляемые источники энергии и электрические системы и сети» Института ядерной энергии и промышленности, которая состоялась 25 апреля 2017 года.

Сборник представляет интерес для специалистов различных отраслей энергетики, включающих преобразование традиционные, нетрадиционные и возобновляемые источников энергии.

© Коллектив авторов, 2017

© ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», 2017

Оформление: Кузнецов П.Н.

Оглавление

Николенко Е.Ю., Шайтор Н.М. РЕКЛОУЗЕРЫ В СИСТЕМАХ ГИБКОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДА СЕВАСТОПОЛЯ	5
Смирнов Д.А., Малюк Е.Г. РАЗРАБОТКА КОММУТАТОРА ДЛЯ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ПРОЦЕССОВ В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ	8
Нагорная А.П., Сухарева А.С., Кузнецов П.Н. ПРОБЛЕМА АККУМУЛИРОВАНИЯ ЭНЕРГИИ В РАЗВИТИИ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ.....	11
Ильясова Е.А., Панасенко П.С., Кузнецов П.Н. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ.....	17
Смирнов В.А., Малюк Е.Г. ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРИ РЕЗКОПЕРЕМЕННЫХ НАГРУЗКАХ	22
Румянцева В.В., Лавренчук А.А. ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ МКД НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ РОССИИ.....	27
Сапрыкина А.Е., Кузнецов П.Н. ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОМАССЫ.....	31
Васильев А.Д., Кувшинов В.В. ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СОЛНЕЧНОЙ УСТАНОВКИ, СОСТОЯЩЕЙ ИЗ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ И АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОНОМНОГО ПОТРЕБИТЕЛЯ	41
Горецкий А.А., Кувшинов В.В. ВОЗМОЖНОСТИ ОСНАЩЕНИЯ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНЫМИ КОНЦЕНТРАТОРАМИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК.....	47
Смирнова Д.Д., Кувшинов В.В. ИССЛЕДОВАНИЕ МОЩНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛАБОРАТОРНОЙ СОЛНЕЧНОЙ УСТАНОВКИ НА БАЗЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ RS 250.....	51
Ерофеев С.Г., Куликова Н.А. ЗВЁЗДНЫЕ БАТАРЕИ – ПРОРЫВ В АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКАХ ЭНЕРГИИ ...	54
Смирнов В.А., Смирнов Д.А., Шестернёва А.В. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ.....	55
Кочетов И.А., Куликова Н.А. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ.....	59
Ромушин В.Л., Куликова Н.А. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ОСВЕЩЕНИИ ЗДАНИЙ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОБЫТОВЫХ ПРИБОРОВ.....	61

Румянцева В.В., Бабурова Л.И. ЭКОНОМИКА «УМНЫХ СЕТЕЙ» В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ	63
Смирнов В.А., Смирнов Д.А., Бабурова Л.И. «ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС – ОСНОВА ЭКОНОМИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ»	65
Борисенко Г.И., Гайдук С.В. СЕВАСТОПОЛЬСКАЯ ТЭС. ЗНАЧЕНИЕ И ПРЕДПОСЫЛКИ СТРОИТЕЛЬСТВА. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГАЗОВЫХ ТУРБИН	69
Гунич А.Ю., Титаренко О.Н. ЦИФРОВАЯ ПОДСТАНЦИЯ - ВАЖНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ	71
Джелебов В.И., Малюк Е.Г. ДИАГНОСТИКА ОПН В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ.....	73
Гарин Д.А., Крастелёв О.М. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АСИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ 1-ОЙ КАТЕГОРИИ ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА.....	75
Кичак Я.О., Гайдук С.В. SMART GRID ИЛИ УМНЫЕ СЕТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ	80
Гришин Р.В., Смирнов В.В. МИКРОГРИД – НОВЫЙ ЭТАП РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ.....	82
Наумичева Ю.О., Смирнов В.В. К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ, АВТОМАТИКИ, КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПУТЕМ МОДЕРНИЗИЦИИ ПОДСТАНЦИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ УСТРОЙСТВА «СИРИУС-2-РН»	84
Панасенко А.А., Смокталь Н.Н. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В СЕТЯХ 35/10 КВ С ПРИМЕНЕНИЕМ СИСТЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ MATLAB/SIMULINK	88
Черноног А.Д., Куликова Н.А. ВНЕДРЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ЗАЩИТ ОТ ВИБРАЦИИ ПРОВОДОВ И ТРОСОВ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ.....	91
Мазохин Р.С., Старченко М., Моряков В.Е. СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ	93
Сапрыкина А.С., Абейдулин С.А. ТЕПЛОУСТАНОВКА ПОТАПОВА	95
Хомюк А.Г., Смирнов В.В. ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЛ НА ТЕРРИТОРИИ КРЫМА В ОСОБЫХ УСЛОВИЯХ.	98
Смирнова Е.В., Шайтор Н.М. ПЛАНЕТАРНАЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА.....	100
Лучина А.С., Смирнов В.В. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЛ С ПОМОЩЬЮ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА.....	103

Смирнова Е.В., Смирнов В.В.	
НАГРУЗОЧНАЯ СПОСОБНОСТЬ ВОЗДУШНЫХ ЛЭП И ПУТИ ЕЕ ПОВЫШЕНИЯ	106
Воробьёва И.Д., Смирнов В.В.	
К ВОПРОСУ О ПУТЯХ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ ВЛ	109
Абрамов В.В., Куликова Н.А.	
АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ КАБЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА, РЕКОМЕНДАЦИЯМИ ВЫБОРА ТИПА И МАРКИ КАБЕЛЕЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 10 КВ	112
Васильев А.А., Смирнов В.В.	
ИННОВАЦИОННЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ ДЛЯ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ.....	113
Бунчук Н.В., Чебоксаров В.В.	
ТЕХНОЛОГИИ ОПРЕСНЕНИЯ МОРСКОЙ ВОДЫ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ	115
Танашевич Ю.О., Чебоксаров В.В.	
ПРОЕКТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МОРСКИХ УСТАНОВОК ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ВОДОБЕСПЕЧЕНИЯ СЕВЕРА КРЫМА.....	122
Славинский Г.Н., Колодяжный В.В.	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ САМОЗАПУСКА ЭД СОБСТВЕННЫХ НУЖД АЭС	125
Ищенко А.А., Слюсаренко В.Г	
РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ С ПОМОЩЬЮ МАТЛАВ	131
Л.Л. Шевцов, Е.В. Гусева	
МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ В ЧАСТИ УСТАНОВКИ ЦИФРОВЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ СЕНСОРОВ	136
Боровик М.А., Смирнов В.В.	
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ЛЭП	140

УДК 537.638.214

Е.Ю. Николенко, студентка 2-го курса; Н.М. Шайтор, к.т.н., доцент

РЕКЛОУЗЕРЫ В СИСТЕМАХ ГИБКОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДА СЕВАСТОПОЛЯ

Актуальность темы. Производство и передача электрической энергии сопровождается недостаточной надёжностью электроснабжения и электрическими потерями, которые достигают 30%. Мировая энергетика идёт по пути создания Smart grid – умных сетей, в российской энергетике принята соответствующая концепция Интеллектуальной электроэнергетической системы с активно-адаптивными сетями (ИЭЭС ААС). Концепция предполагает внедрение гибких электрических передач, основным содержанием которых является постоянный интеллектуальный контроль электрических нагрузок и параметров с переключением сетей в режим оптимальной конфигурации, обеспечивающей заданное качество электрической энергии, минимум электрических потерь и максимум надёжности электроснабжения. Имеемые в Крыму и Севастополе системы коммутации, измерений и защиты электрических сетей напряжением 6-35 кВ не способны обеспечить подобную гибкость электрических передач в режиме реального времени. Поэтому модернизация электрических сетей путём внедрения новых инновационных устройств и интеллектуальных технологий, обеспечивающая гибкость электрических передач, представляется весьма актуальной.

Состояние вопроса. В настоящее время коммутацию высоковольтных электрических сетей производят в основном с помощью электрических аппаратов, к которым относятся устаревшие масляные выключатели, либо воздушные выключатели. Как правило, они не содержат собственных интеллектуальных устройств, предназначенных для измерения, обработки, передачи и приёма информации, и устанавливаются внутри электрических станций и подстанций, внутри которых и производятся основные сетевые переключения. Там же устанавливают устройства и системы релейной защиты и автоматики для защиты и автоматизации электрических сетей. При этом информацию о параметрах электрической энергии и состоянии сетей осуществляют в основном отдельные датчики, счётчики электрической энергии и внедряемые в последнее время автоматизированные системы коммерческого учёта электроэнергии (АСКУЭ). Модернизация самих электрических станций и подстанций сопровождается большим объёмом работ и значительными финансовыми затратами.

Реклоузеры –применение, преимущество и функции.

Реклоузер – это программно-аппаратный комплекс, который применяется в воздушных распределительных сетях трёхфазного переменного тока с изолированной, компенсированной или заземлённой нейтралью частотой 50 Гц, номинальным напряжением до 10 кВ. На рисунке 1 представлен коммутационный модуль.

Главное достоинство Реклоузеров это в первую очередь, его компактные размеры и устанавливаются чаще всего непосредственно на опорах ЛЭП (Рисунок 2), поэтому не нуждаются в монтаже дополнительных фундаментов и ограждений; не требуют обслуживания, что даёт возможность наладить стабильную работу сети без необходимости вмешательства людей. Это особенно актуально для труднодоступных или удалённых районов. В реклоузере устанавливается интеллектуальное устройство, в реальном времени анализирующее параметры работы сети и при необходимости выполняющее её реконфигурацию (производится локализация повреждённого участка и автоматическое восстановление электроснабжения потребителей на неповреждённых участках) согласно программно установленному алгоритму. При этом исключается необходимость дистанционного поиска повреждения и его устранения - всё это выполняется по месту работы реклоузера посредством микропроцессорного контроля.

Основные функции реклоузера:

- осуществление штатных переключений в сетях распределения (местная и дистанционная конфигурация сетей);
- интеграция в системы дистанционного контроля и учёта (телемеханика);
- автоматическая регистрация характеристик и параметров работы сети;
- автоматическое отключение участков с повреждениями;
- автоматическое восстановление электропередачи неповреждённых участков сети.



Рисунок 1 – Коммутационный модуль

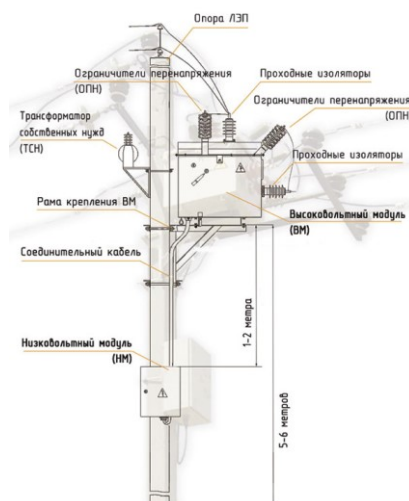


Рисунок 2 - Установка реклоузеров на опоры

«Умные сети», внедрение умных сетей в город Севастополь.

Существующая энергосистема в мире является наследием прошлого. Она стала основой для индустриального подъема, освоения новых территорий, поднятия на новый уровень качества жизни людей. С появлением цифровых производств, развития электротранспорта, интернет вещей, возрастают требования к доступности, надежности, качеству товаров и услуг. Интеллектуальная энергетика, сделанная по модели интернета (INTERNET OF ENERGY), - адекватный ответ на вызовы времени, открывающий принципиально новые возможности как для самой сети, так и для потребителей. Метафора — Internet of Energy — экосистема производителей и потребителей энергии, которые беспрепятственно интегрируются в общую инфраструктуру и обмениваются энергией.

ENERGYNET EnergyNet – точка сборки создания новых электроэнергетических систем.

В октябре 2016 года Севастополь был выбран для реализации проекта комплексного внедрения в энергетику «умных сетей» (Smart Grid) по рынку EnergyNet. Программу модернизации энергетики Севастополя ведут совместно рабочая группа проекта EnergyNet и крупнейшая в России энергетическая компания «Россети». Проект предполагает создание трёх энергетических кластеров под внедрение новых технологий.

Первый кластер будет представлять собой район воздушной электрической сети 10 кВ в Байдарской, Варнаутской долинах и севастопольской части ЮБК. Здесь будет отрабатываться технология автоматизации воздушной сети.

Второй кластер – кабельная сеть в Инкермане, для отработки технологии автоматизации кабельной сети.

Третий кластер – район со смешанной сетью 35–10 кВ для отработки технологии облегчённых цифровых подстанций.

Выводы. Модернизация электрических сетей в Крыму и Севастополе будет сопровождаться применением новых инновационных устройств и интеллектуальных технологий, обеспечивающих гибкость электрических передач. В целях энергосбережения и повышения надёжности электроснабжения целесообразно применение электрических реклоузеров, изготавливаемых на предприятиях российской научно-производственной компании Таврида Электрик. Данные интеллектуальные коммутационные аппараты, устанавливаемые на опорах электрических передач, позволят осуществить модернизацию электрических сетей за короткий промежуток времени, с минимальными финансовыми затратами, обеспечить гибкость и высокую эффективность электрических передач.

Литература.

1. Реклоузеры – применение, преимущество и функции/ [Электронный ресурс]//Энергетика №3: [сайт].[2015]: www.kazenergy.kz
2. Реклоузеры – применение, преимущество и функции/ [Электронный ресурс]// Электрический сети [сайт].[2015]: <http://pue8.ru/elektricheskie-seti/652>
3. «Умные сети», внедрение умных сетей в город Севастополь // [Электронный ресурс]//Электрический сети показатели проблемы города Севастополя [сайт].[2017]: <http://sevastopol.su/news.php?id=93906>

УДК 621.126.08

Смирнов Д.А. студент 4 курса, Малюк Е.Г., ст. преподаватель

РАЗРАБОТКА КОММУТАТОРА ДЛЯ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ПРОЦЕССОВ В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ

В связи с информатизацией всех сторон жизни современного общества выросли требования к качеству электрической энергии, что в свою очередь привело к постоянно возрастающим масштабам применения на объектах электроэнергетики высокочувствительной микропроцессорной техники для целей управления, защиты, регистрации параметров, обмена информацией и автоматизации технологических процессов.

При коммутациях в электрических цепях возникают импульсные помехи (рисунок 1), которые по цепям питания проникают в системы управления, защиты и приводят к ложным срабатываниям в цепях РЗА, автоматики и оперативного управления.

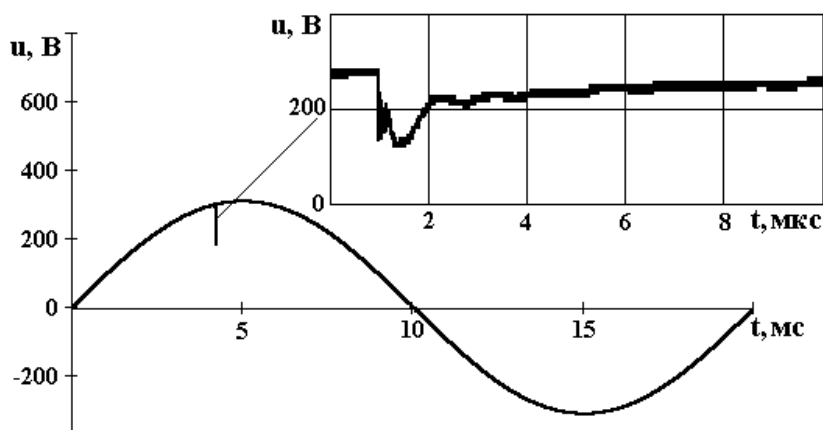


Рисунок 1- Изменение напряжения в ЭЭС при включении активной нагрузки.

Уровень напряжения помех при коммутациях в значительной степени зависит от амплитуды напряжения в сети, момента коммутации (применительно к началу периода напряжения сети), и при этом их параметры носят случайный характер. Для изучения помех при коммутациях в электрических цепях была разработана схема лабораторной установки, позволяющая анализировать частотный состав помехи, ее амплитуду при включении в сеть нагрузки, имеющей активный или емкостной характер. Блок схема лабораторной установки изображена на рисунке 2.

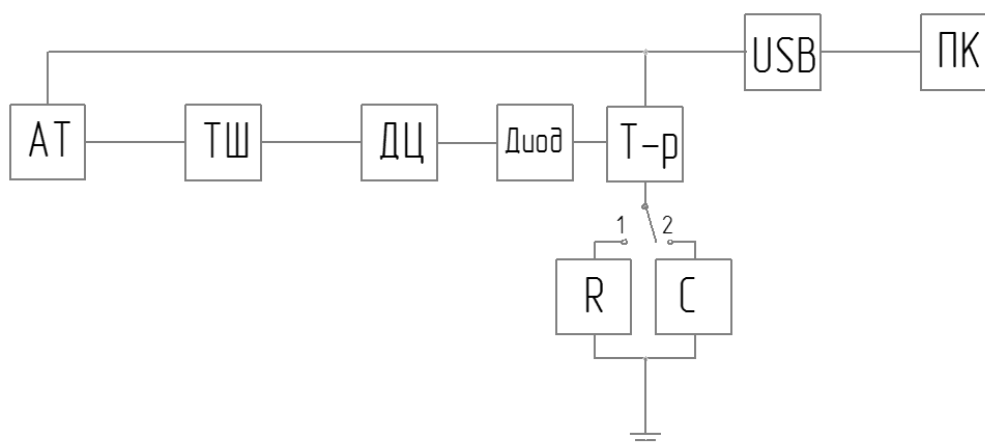


Рисунок 2- Упрощенная блок-схема

Блок схема состоит из автотрансформатора, коммутатора, переключателя нагрузки, USB осциллографа и персонального компьютера. Автотрансформатор (АТ) предназначен для регулирования величины напряжения сети, подаваемого на коммутатор. Коммутатор, состоящий из триггера Шмидта (ТШ), дифференцирующей цепочки (ДЦ), диода, тиристора (Т-р), в качестве исполнительного элемента, позволяет коммутировать нагрузку (R или C) с частотой 50 Гц, при этом конструкция коммутатора позволяет менять время срабатывания с отсчетом от начала периода сетевого напряжения, тем самым изменяя уровень напряжения в момент коммутации. Коммутатор нагрузки 1-2 предназначен для переключения нагрузок – активная (R) или емкостная (C). Для наблюдения и измерения параметров помехи в лабораторной установке используется USB осциллограф АКИП 72204А, для визуализации помехи, запоминания и измерения ее параметров используется персональный компьютер с установленным программным обеспечением АКИП. USB осциллограф и персональный компьютер позволяют наблюдать и измерять параметры помехи, как во временной так и в частотной области (спектральный состав помехи).

Предлагаемый коммутатор состоит из триггера Шмидта, состоящего из компаратора, собранного на базе операционного усилителя, дифференцирующей цепочки и исполнительного элемента – тиристора, с помощью которого и осуществляются переключения в цепи переменного тока (рисунок 3). При изменении величины сопротивления R2 меняется уровень напряжения на неинвертирующем входе операционного усилителя, при этом меняется пороговое напряжение, определяющее амплитуду сетевого напряжения и момент срабатывания компаратора по отношению к началу периода этого напряжения. При совпадении уровня порогового напряжения на неинвертирующем входе операционного усилителя (ОУ) и уровня напряжения, приложенного через диод и делитель напряжения на инвертирующий вход ОУ на выходе ОУ формируется скачок напряжения.

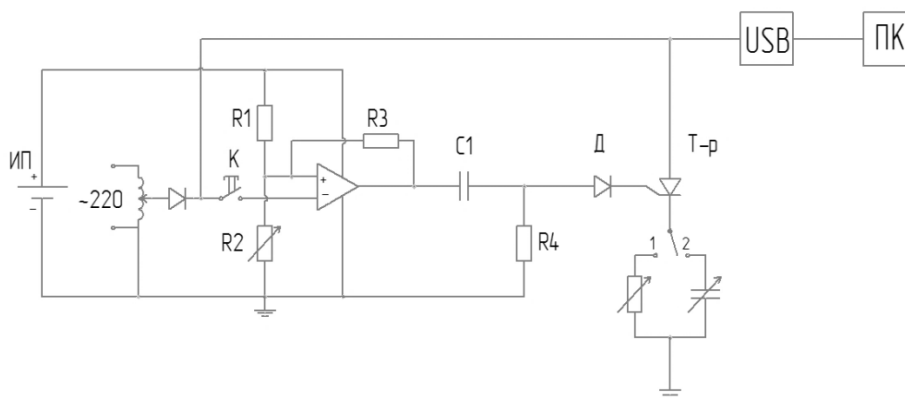


Рисунок 3- Принципиальная электрическая схема

Далее скачок напряжения дифференцирующей цепочкой C1R4 преобразуется в импульсы положительной и отрицательной полярности и положительный импульс через диод Д подается на управляющий электрод тиристора. Тиристор открывается и через нагрузку в зависимости от положения переключателя нагрузки 1-2 R или C течет ток, при этом в сети возникает скачок напряжения, параметры которого определяются характером и величиной нагрузки. При переходе тока в цепи нагрузки через ноль, тиристор закрывается и далее процесс повторяется, при этом на входе USB осциллографа формируется последовательность импульсов помехи. Импульсы помехи преобразуются в цифровую форму и подаются на вход персонального компьютера для визуализации и измерения.

Таким образом предлагаемая схема коммутатора в составе лабораторной установки позволяет изучать процессы включения активной и емкостной нагрузки в сеть в зависимости от момента включения (уровня напряжения) как во временной, так и в частотной области.

Литература.

Электромагнитная совместимость и молниезащита в электроэнергетике:/ А.Ф. Дьяков, Б.К. Максимов, Р.К. Борисов, И.П. Кужекин, А.Г. Темников, А.В. Жуков; под ред. чл.-корр. РАН, докт. техн. наук, проф. А.Ф. Дьякова. - М.: Издательский дом МЭИ, 2011. -544 с.: ил.

УДК 620.92

Нагорная А.П., Сухарева А.С., Кузнецов П.Н., ст. преподаватель

ПРОБЛЕМА АККУМУЛИРОВАНИЯ ЭНЕРГИИ В РАЗВИТИИ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Статья посвящена проблематике и перспективам развития систем накопления возобновляемой электрической энергии. Рассмотрены способы развития научных исследований и создание экспериментальных установок долгосрочного накопления энергии. Конкретизированы условия и особенности использования возобновляемых источников энергии с учетом характеристик территории и уровня экономического развития республики.

Ключевые слова: системы накопления, возобновляемые источники энергии, накопительная энергия, энергосбережение, рекреационная сфера, ветроэнергетика, солнечная энергия.

Энергосбережение — это на сегодня ключевая задача, являющаяся приоритетной в государственной политике в области повышения энергетической эффективности Российской Федерации, и она подразумевает использование энергии ветра и солнца, как альтернативных источников энергии.

Основной целью развития электроэнергетики в Крыму является повышение обеспеченности потребителей электроэнергией собственного производства за счет внедрения экологически чистых генерирующих мощностей на основе нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Преимуществом ВИЭ прежде всего является сам факт их неисчерпаемости. Запасы ископаемых топлив ограничены, а, значит, их стоимость со временем будет возрастать. Эти запасы в мире распределены крайне неравномерно, что приводит к напряженности между странами. Ограничены и запасы дешевого урана – основного сырья для АЭС.

Для рекреационных зон России решающим фактором может оказаться экологическая чистота ВИЭ. Например, при мощности 500 кВт и при 2000 часов в год использования установленной мощности будь то ветроэнергетическая установка (ВЭУ), солнечная фотоэлектрическая установка (ФЭУ), малая ГЭС, вырабатывают 1 млн. кВт·ч электроэнергии и тем самым предотвращают по сравнению с угольной электростанцией той же мощности эмиссию около 1000 т CO₂. мощности эмиссию около 1000 т CO₂.

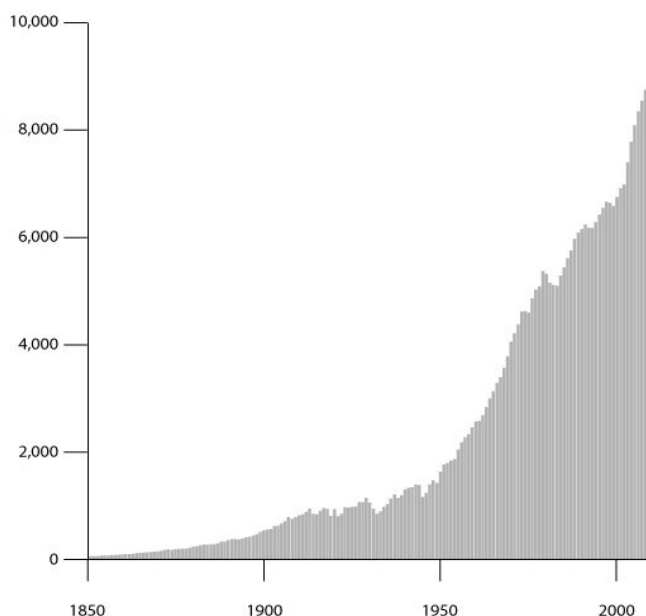


Рисунок 1 - График роста выбросов парниковых газов 1985- 2017 год

Полуостров имеет высокий уровень солнечной радиации, общая мощность действующих солнечных электрических станций, расположенных в Республике Крым, составляет 227,3 МВт. Также в Крыму имеется

значительный энергетический потенциал ветровой энергии (3700 МВт), что характеризует Республику Крым как перспективный регион для строительства ветровых электростанций.

Использование энергии ветра сегодня чрезвычайно динамично развивающаяся отрасль мировой энергетики. Если суммарная установленная мощность ВЭУ в мире в 2000 году составляла 17,8 ГВт, то в 2002 году она достигла уже 31,1 ГВт. Интересен тот факт, что в 2012 году ветряные электростанции Китая сгенерировали на 2 процента больше электроэнергии, чем атомные. Это во многом связано с политикой повышения инвестиционной привлекательности проектов на основе ВИЭ государственными органами, предусматривающий механизм частичной или полной компенсации стоимости технологического присоединения генераторов на основе возобновляемых источников к сети. На сегодняшний день только в Китае сетевые организации полностью принимают на себя все затраты на технологическое присоединение.

Ежегодное производство в фотоэлектрической промышленности достигло 6900 МВт в 2008 году. Солнечные электростанции популярны в Германии и Испании. Солнечные тепловые станции действуют в США и Испании, а крупнейшей из них является станция в пустыне Мохаве мощностью 354 МВт.

Однако, несмотря на все достоинства возобновляемой энергетики, для обеспечения их стабильной работы в энергосистеме, необходимо непрерывно обеспечивать равновесие между производством и потреблением электрической энергии. Для этого необходимо, во-первых, создание мощной европейской транспортной энергосистемы. Такие транспортные системы позволяют более интенсивный обмен энергией по всей Европе с учетом географических и погодных условий производства и потребления энергии. Другим направлением решения проблемы является создание эффективной системы энергоменеджмента как на региональном уровне (виртуальные электростанции), так и на уровне потребителей электрической энергии. При этом речь идет не столько об уменьшении энергопотребления, сколько о временном сдвиге для уменьшения пиковых нагрузок, что невозможно без использования систем аккумулирования энергии.

В настоящее время имеются значительные научные наработки в области энергонакопительных технологий. К этим технологиям относятся, прежде всего, гидроаккумулирующие станции, накопители на аккумуляторных батареях, накопители на основе топливных элементов, накопители на основе сжатого воздуха, накопители по технологии «энергия-газ». Рассмотрим их более подробно:

1. Гидроаккумулирующие электростанции. На сегодняшний день гидроаккумулирующие станции являются наиболее экономичным

решением накопления энергии. При избытке энергии вода перекачивается в более высоко расположенный резервуар. При недостатке энергии вода через турбину поступает в нижний бьеф, производя при этом недостающую энергию. Коэффициент полезного действия такой аккумулирующей установки составляет порядка 77 %.

2. Воздушно-аккумулирующие электростанции. Модифицированная газовая турбина через разъемные муфты связана с электрической машиной и компрессором. В часы минимальных нагрузок электрическая машина работает в режиме синхронного электродвигателя и вращает компрессор, закачивающий воздух в подземный резервуар. В период прохождения максимума нагрузки воздух из хранилища поступает в камеру сгорания, где происходит его подогрев до 500...550 град. и подача на лопатки газовой турбины. При этом электрическая машина переходит в генераторный режим и вырабатывает электрическую энергию, отдаваемую в сеть. В отличие от традиционной газотурбинной установки (ГТУ) для привода компрессора энергия газовой турбины не расходуется. Этот фактор обеспечивает высокую эффективность системы.

3. Инерционные накопители. Инерционные накопители относятся к классу динамических, накапливающих энергию во вращающейся массе. Накопитель состоит из вращающегося ротора со значительным моментом инерции (маховика) и трансмиссии, т. е. системы для подвода и отвода энергии. Энергоемкость маховика, изготовленного из стекловолокна с эпоксидной связкой, составляет около 105 Дж/кг.

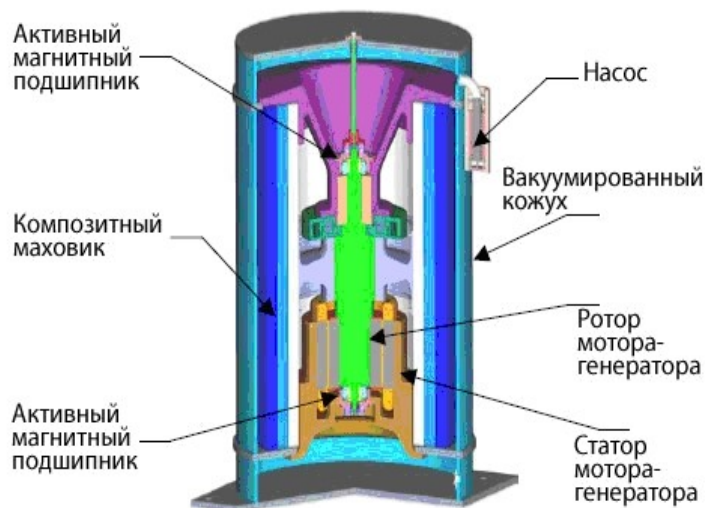


Рисунок 2 - Устройство инерционного накопителя энергии

4. Накопители на базе преобразования энергии в газ. Избыточная энергия ветровых или солнечных энергоустановок используется для получения водорода, а затем его преобразования в метан с последующим накоплением

в газотранспортной системе. Этот процесс на сегодняшний день имеет еще низкий коэффициент полезного действия, порядка 50 %.

5. Электрохимические аккумуляторы. Электрохимические аккумуляторы (ЭА) в процессе заряда преобразуют электрическую энергию в химическую, а в процессе разряда – химическую энергию в электрическую. Важными параметрами ЭА являются: напряжение при разряде, мощность, запасенная энергия, КПД, число разрядно-зарядных циклов (наработка) и экономические показатели. К настоящему времени в широких масштабах производятся свинцово-кислотные, щелочные никель-кадмиевые и никель-железные аккумуляторы.

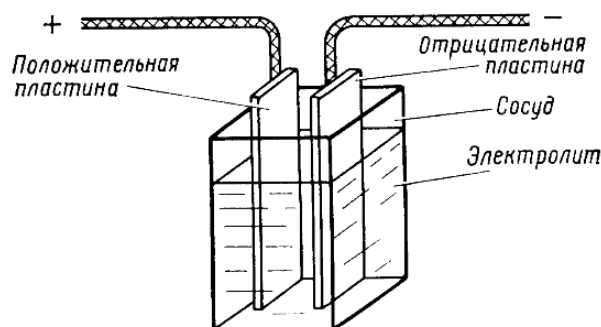


Рисунок 3 - Устройство простейшего электрохимического аккумулятора

6. Ионисторы. В последнее десятилетие значительное место в научных поисках новых накопителей энергии заняли так называемые суперконденсаторы, или ионисторы. Принципиально традиционный электрохимический конденсатор представляет собой систему, состоящую из двух химически инертных электродов, помещенных в электролит. Существует два принципа, по которым суперконденсаторы хранят электричество. Первый принцип называется «двухслойной емкостью». Это электростатический процесс, при котором отдельный заряд хранится на двойном слое Гельмгольца. Второй - псевдоемкость. Pseudocapacitance - электрохимическое хранение, достигаемое фарадечно-восстановительно-окислительными реакциями с переносом заряда.

7. Свинцово-кислотные аккумуляторы. Элемент свинцово-кислотного аккумулятора состоит из электродов (положительных и отрицательных) и разделительных пористых пластин, изготовленных из материала, не взаимодействующего с кислотой, препятствующих замыканию электродов (сепараторов), которые погружены в электролит. Принцип работы свинцово-кислотных аккумуляторов основан на электрохимических реакциях свинца и диоксида свинца в водном растворе серной кислоты. При подключении к электродам аккумулятора внешней нагрузки начинается электрохимическая реакция взаимодействия оксида свинца и серной кислоты, при этом металлический свинец окисляется до сульфата свинца.

8. Никель-кадмиевый аккумулятор (NiCd) — вторичный химический источник тока, в котором катодом является гидрат закиси никеля Ni(OH)_2 с графитовым порошком (около 5–8%), электролитом — гидроксид калия KOH плотностью 1,19–1,21 с добавкой гидроксида лития LiOH (для образования никелатов лития и увеличения ёмкости на 21–25%), анодом — гидрат закиси кадмия Cd(OH)_2 или металлический кадмий Cd (в виде порошка). ЭДС никель-кадмиевого аккумулятора — около 1,37 В, удельная энергия — порядка 45–65 Вт·ч/кг. Принцип действия никель-кадмиевых аккумуляторов основан на обратимом процессе:



9. Литий-ионный аккумулятор. Состоит из электродов (катодного материала на алюминиевой фольге и анодного материала на медной фольге), разделённых пористым сепаратором, пропитанным электролитом. Переносчиком заряда в литий-ионном аккумуляторе является положительно заряженный ион лития, который имеет способность внедряться (интеркалироваться) в кристаллическую решётку других материалов (например, в графит, окислы и соли металлов) с образованием химической связи, например: в графит с образованием LiC_6 , оксиды (LiMnO_2) и соли (LiMnRON).

10. С использованием топливных элементов. Особый интерес вызывает создание автономных энергоустановок, работающих только на возобновляемых источниках энергии с долгосрочным накопителем энергии на основе водородного цикла «Электроэнергия – водород электроэнергия». Это особенно важно для надежного электроснабжения отдаленных от энергосистемы потребителей электроэнергии (фермерские хозяйства, энергоустановки в чрезвычайных ситуациях, дачные участки и т.д.).



Рисунок 4 - Структурная схема получения и преобразования водорода.

11. Термические аккумуляторы представляют собой наборы различных технологий, которые хранят тепловую энергию в определенных средах. Эти среды обычно представляют собой воду или расплавленные соли. Накопленная тепловая энергия может храниться в течение часов, дней, месяцев или в период между сезонами. Обычно тепло от аккумуляторов используется непосредственно или через теплообменник. Во время внепиковых периодов избыток пара из турбины нагревает среду хранения в резервуарах. Затем накопленная теплота в пиковые периоды помогает

предварительно подогревать питательную воду вместо отключенного парового турбинного пара. Благодаря этому пар проходит через всю турбину и вырабатывает больше электроэнергии.

Выводы. Основными социально-экономическими условиями развития энергосбережения в рекреационной сфере Крыма являются общие социальные перспективы возобновляемой энергетики, требования к энергетике в условиях устойчивого развития и высокими показателями экономической эффективности мероприятий по энергосбережению. Следующими способами расширения тематического исследования автономной системы может быть рассмотрение других типов накопления, прогнозирование изменений цен каждого типа накопления и создание в соответствии с этими результатами оптимизации накопления. Электричество само по себе не может храниться. Единственный способ хранения электрической энергии - превращение в другую форму энергии: механическую, химическую или тепловую. Потери являются главным недостатком этих преобразований. Из-за потерь полезное количество электричества уменьшается иногда до 50%. Развитие научных исследований и создание экспериментальных установок долгосрочного накопления энергии является актуальной проблемой возобновляемой энергетики будущего.

Литература.

1. Стычинский З. А. Возобновляемые источники энергии: Теоретические основы, технологии, технические характеристики, экономика / З. А. Стычинский, Н. И. Воропай – Magdeburg: Otto-von-GuerickeUniversität Magdeburg docupoint GmbH, 2010. – 209 p.
2. Сибикин Ю. Д. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебное пособие / Ю. Л. Сибикин, М. Ю. Сибикин. – М. : КНОРУС, 2010. – 232 с.

УДК 631.371

Ильясова Е.А., Панасенко П.С., Кузнецов П. Н., ст. преподаватель.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ

Рассматривая технологии водоподъемных установок для водоснабжения потребителей в Республике Крым и городе Севастополе, отдельное место следует уделить использованию в их конструкции возобновляемых источников энергии. Особенно актуальной данная тема становится в связи с событиями 2014-го года, когда был перекрыт Северо-Крымский канал [1],

обеспечивающий 80-86% всего забора воды в Крыму [2]. Вследствие чего площадь орошаемых земель уменьшилась в первый год до 17 тыс. га, а ещё через год до 13,4 тыс. га [3].

Данную проблему можно сгладить путем использования воды из артезианских бассейнов: Северо-Сивашского, Белогорского и Альминского, большая площадь которых приходится на земли сельхоз назначения, орошение которых способно увеличить сбор урожая до пяти раз [4].

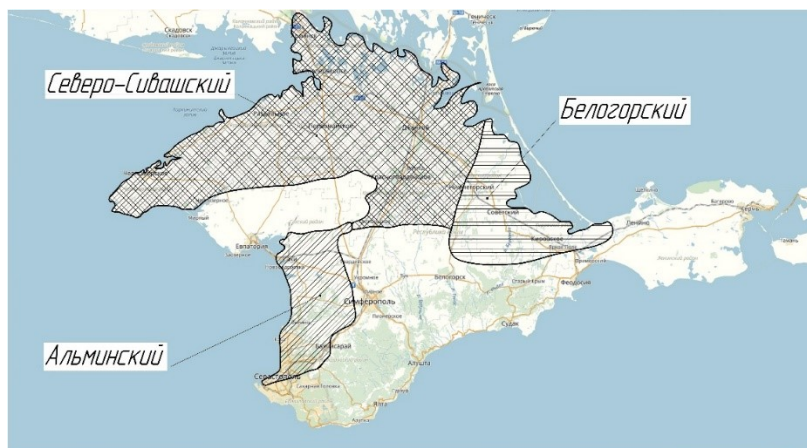


Рисунок 1- Артезианские бассейны Крыма.

Однако, существует также проблема добычи воды из подземных источников, связанная с тем, что такая вода находится на значительной глубине, и её добыча производится посредством артезианских скважин. Это накладывает определенные условия к месту её бурения из-за того, что для подъема воды необходимо использовать достаточно мощные погружные насосы, для работы которых требуется наличие электрической энергии, которая зачастую отсутствует в местах непосредственного полива сельскохозяйственных угодий, а проведение линий электропередач, или трубопроводов, в ряде случаев, представляется достаточно дорогостоящим и сложным мероприятием. В таких случаях наиболее целесообразно использование ВИЭ для питания насосов, в частности, автономных фотоэлектрических установок [5].

Источником энергии солнечного излучения служит термоядерная реакция на Солнце. Основная часть этой энергии испускается в виде электромагнитного излучения в диапазоне 0,2–3 мкм. Интенсивность солнечной радиации, определяется плотностью лучистого потока, падающего за единицу времени на единицу площади, перпендикулярно лучам. Ее величина равна приблизительно 1353 Вт/м². При прохождении через атмосферу солнечный свет ослабляется, в основном из- за поглощения инфракрасного излучения парами воды, ультрафиолетового излучения – озоном [6].

Как только Солнце начинает склоняться к горизонту, путь его лучей сквозь атмосферу значительно увеличивается, соответственно, возрастает рассеивание солнечной энергии в атмосфере. Однако на юге России, в том числе и в Крыму, на каждый квадратный метр, ориентированный перпендикулярно солнечным лучам, суточный уровень инсоляции достигает до 5 кВт/м^2 [7].

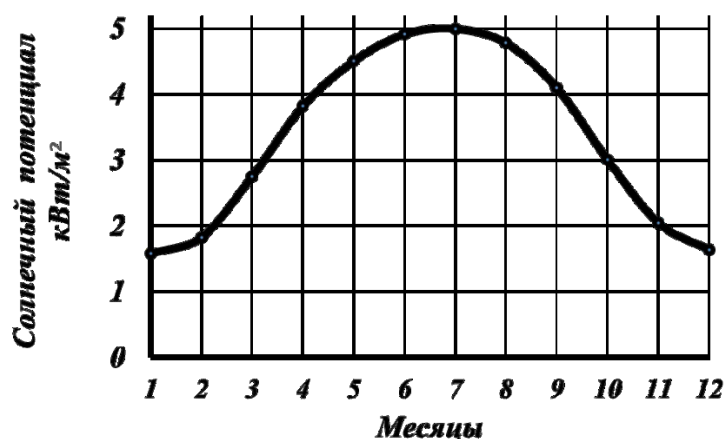


Рисунок 2- График солнечной активности

В качестве ФЭП возможно использование поликристаллических панелей типа PS-250, мощностью 250 Вт, собранные в модули необходимой электрической мощности в номинальном режиме работы.

Для отбора энергии в точке максимальной мощности рационально использование контроллера с функцией поиска точки максимальной мощности (MPPT). Эти контроллеры автоматически выбирают нужное соотношение напряжения и силы тока. Использование MPPT контроллеров даёт возможность более полно использовать потенциал солнечных батарей и вследствие этого снимать на 15-30 % больше электроэнергии по сравнению с другими контроллерами. Если принять во внимание стандартную вольт-амперную характеристику фотоэлектрической панели (см. Рисунок 3), то можно увидеть, что полученная электроэнергия может быть увеличена, если контроллер заряда будет отслеживать точку максимальной мощности. MPPT Контроллер осуществляет мониторинг тока и напряжения на солнечной батарее, производит вычисления и определяет при каких значениях тока и напряжения, мощность солнечной батареи максимальна. Все обработанные данные могут выводиться на дисплей (при наличии), сохранять данные, и т.п.

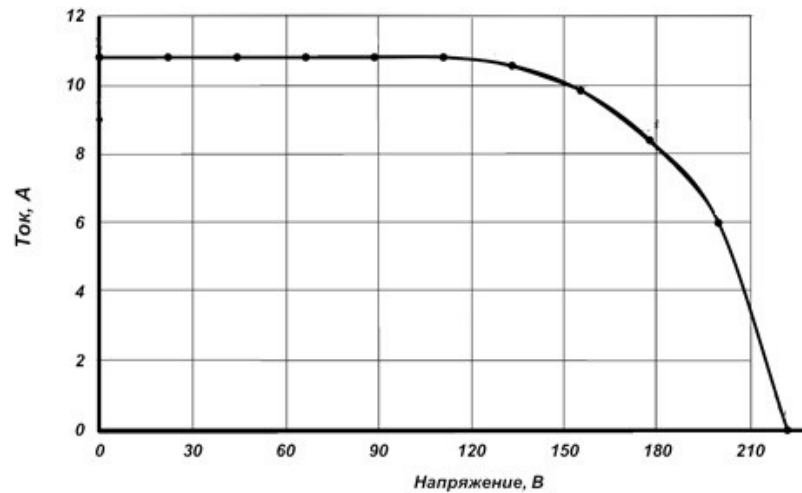
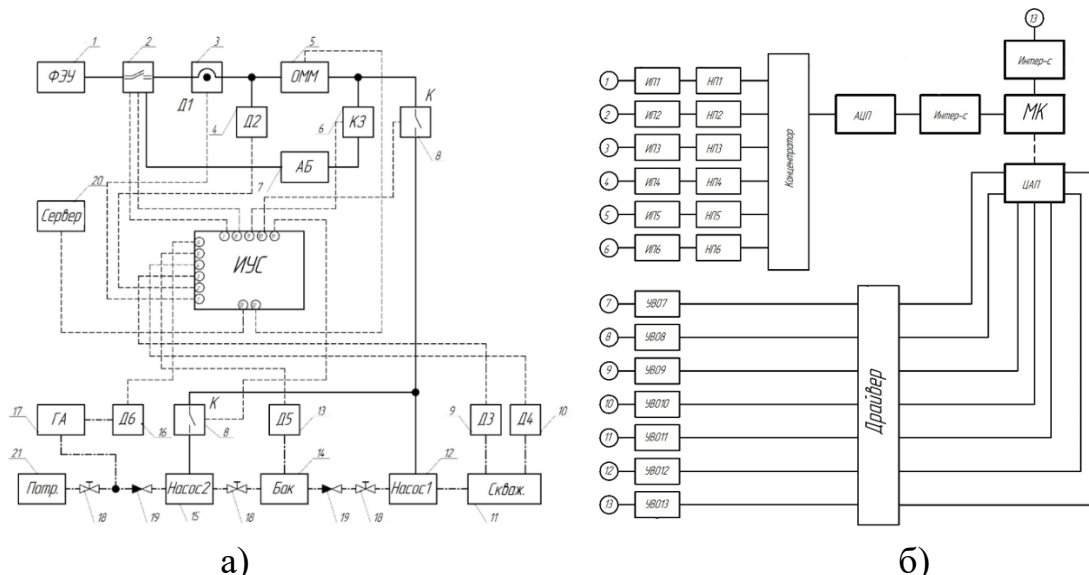


Рисунок 3 - Вольт-амперная характеристика фотоэлектрической панели PS-250

Принцип работы контроллера раскрывается функциональной схемой комплексной установки водоснабжения, изображенной на Рисунке 4а), он заключается в следующем: устройство отбора максимальной мощности устанавливает оптимальный режим отбора электрической энергии от ФЭУ (1), при котором значение электрических параметров устанавливается в соответствии с получением максимальной мощности. Этот режим устанавливается на основании показаний датчиков тока (3) и напряжения (4). Затем полученная электрическая энергия поступает через контактор (8) к погружному насосу (12), установленному на дне скважины (11), и откачивающему из нее воду.



Вода, выкаченная из скважины, заполняет бак (14), который выполняет функцию аккумулятора, и, далее, с помощью центробежного насоса (15), поступает к потребителю (21).

Датчики тока и напряжения контролируют и обеспечивают оптимальные значения силы тока и напряжения, а установленные в скважине датчики верхнего (9) и нижнего (10) уровня, выполняют роль сигнализаторов или уровнемеров, защищают насос от «сухого хода» и контролируют динамический уровень воды. Количество воды, запасаемое в баке, контролируется датчиком уровня (13), который установлен внутри бака.

Датчик давления (16), контролируя изменения давления воды в системе и, на основании полученных данных, управляет работой гидроаккумулятора, который поддерживает, плавно изменяет давление жидкости в данной системе, защищает систему от гидроударов, накапливает гидравлическую энергию и продлевает срок службы насоса. Подачу воды регулируют прямые и обратные клапаны.

Информация от датчиков поступает через соответствующие нормирующие преобразователи в концентратор, а затем преобразуется в цифровой сигнал посредством аналого-цифрового преобразователя. Оцифрованная информация поступает в микроконтроллер через USB-интерфейс (рисунок 4, б).

Рассматривая главный элемент - погружной насос, целесообразно использование двух видов: для бюджетных решений с малым дебетом воды – обычный вибрационный насос с модернизированной системой управления с возможностью работы от солнечных батарей, для скважин с большим дебетом- погружные центробежные насосы, модернизированный для работы на постоянном токе, путем замены асинхронного двигателя на двигатель постоянного тока.

Таким образом, внедрение солнечно-водяных систем в сельском хозяйстве Крыма, способно частично решить проблему водоснабжения, особенно в местах отсутствия централизованного электроснабжения. Такие системы позволят значительно увеличить количество собираемого урожая, используя солнечную энергию, потенциал которой в данном регионе достаточно велик. Автономность и отсутствие платы за выработанную электроэнергию также играют немаловажную роль в выборе такого способа водоснабжения.

Литература.

1. Северо-Крымский канал // Научно-популярная энциклопедия "Вода России" URL: <http://water-rf.ru>

2. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Республики Крым в 2013 году // Министерство экологии и природных ресурсов Республики Крым URL: http://meco.rk.gov.ru/rus/file/doklad_eco_2013.pdf
3. Площадь орошаемых земель в Крыму определили в 13,4 тыс. га // Информационное агентство Новости 24 URL: <http://ru24news.ru/news/crimea/economic/6565-ploschad-oroshaemyh-zemel-v-krymu-opredelili-v-134-tys-ga.html>
4. Багрова Л.А., В.А. Боков, Багров Н.В. География Крыма. Киев: Лыбидь, 2001.
5. Кузнецов П.Н. Применение солнечных энергоустановок для орошения полей на территории Крыма.
6. Пуртов, С. А. АВТОНОМНАЯ СОЛНЕЧНО-ДИЗЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ // Молодёжь и наука: Сборник материалов VII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, посвященной 50-летию первого полета человека в космос [Электронный ресурс]. — Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2011.
7. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ ДЛЯ АВТОНОМНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ // Интерсоларцентр URL: http://intersolar.ru/downloads/Econ_Ru.pdf

УДК 621.311

Смирнов В.А., студент 4-го курса; Малюк Е.Г., ст. преподаватель

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРИ РЕЗКОПЕРЕМЕННЫХ НАГРУЗКАХ

Источниками резкопеременных нагрузок в системах электроснабжения являются мощные электроприемники с резкопеременным графиком потребления мощности. Скачкообразное изменение нагрузки вызывают также включения мощных электродвигателей с большой кратностью пускового тока.

При работе потребителей с резкопеременной нагрузкой проявляется снижение качества электроэнергии в виде колебаний и отклонений напряжения, а при малой мощности источников питания – колебаний частоты.

При наличии резкопеременных нагрузок наиболее заметное снижение качества электроэнергии проявляется в виде колебаний напряжений. Колебания напряжения возникают в результате быстрого изменения потерь

напряжения в элементах сети при резком изменении передаваемых по ним активной и реактивной мощностей. Возникая в какой-либо точке колебания напряжения, распространяются по системе. При этом распространение колебаний напряжения к шинам низшего напряжения подстанций происходит практически без затухания, а к шинам высшего напряжения – с затуханием по амплитуде. Появление колебаний напряжения в системах электроснабжения отрицательно сказывается на работе чувствительных к ним электроприемников и, в первую очередь, на работу установок электрического освещения.

Известно, что колебания напряжения прямо пропорциональны сопротивлению сети, т. е. обратно пропорциональны мощности КЗ, в точке присоединения резкопеременной нагрузки. Отсюда вытекает целесообразность такого схемного решения, когда агрегаты, обуславливающие колебания напряжения, подключаются в месте, где мощность КЗ имеет большие значения. Мощность КЗ можно повысить: увеличением единичных мощностей силовых трансформаторов, параллельным включением трансформаторов или их расщепленных обмоток.

Повышение значения мощности КЗ на шинах 6—10 кВ подстанции вызывает необходимость применения усиленного коммутационного оборудования. Для этой цели используют серийно выпускаемые комплектные распределительные устройства (КРУ) КР- 10/500 с масляным выключателем серии ВМПЭ, а также КЭ-10/31 с электромагнитными выключателями ВЭ-10 с амплитудным значением предельно отключаемого тока 31,5 кА (500 МВ* А). Такие выключатели 10 кВ устанавливают для трансформаторов мощностью до 40 МВА без расщепления обмоток (или с параллельным включением расщепленных обмоток) и до 80 МВА с расщепленными обмотками.

Для больших мощностей трансформаторов могут применяться комплектные распределительные устройства КР10-Д10 с амплитудным значением предельно отключаемого тока 58 кА (1000 МВА) в сочетании с реактированными линиями. КРУ этого типа состоят из шкафов с выключателями, с разъемными контактными соединениями (разъединителями), трансформаторами напряжения, разрядниками и шинных кожухов (токопроводов) в пределах здания распределительного устройства. Токоограничивающие реакторы устанавливают в строительных камерах вне КРУ.

Для схемы с параллельной работой трансформаторов перспективным является применение бесконтактных коммутирующих и токоограничивающих аппаратов (БКТА). Благодаря БКТА можно достичь в нормальном режиме мощности КЗ на шинах 6-10 кВ до 1000 МВА и на шинах 0,4 кВ — до 100 МВА. При этом можно использовать

коммутационное оборудование с амплитудными значениями предельно отключаемых токов, рассчитанными из условия раздельной работы трансформаторов. Для шиносоединительных аппаратов БКТА разработаны в виде реакторно-тиристорного устройства, имеющего в нормальных условиях независимое от частоты и практически равное нулю сопротивление. Эти устройства совмещают функции быстродействующего выключателя и регулятора тока.

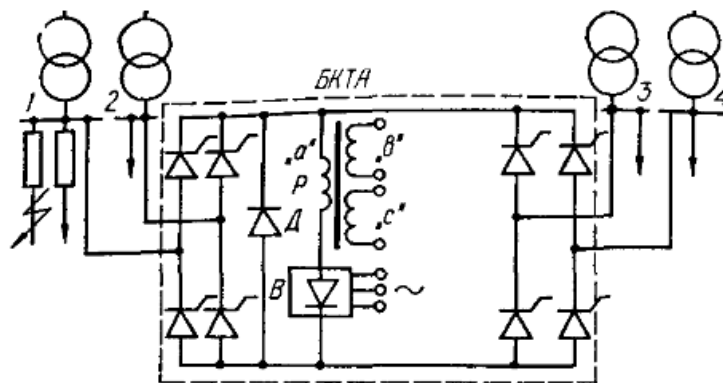


Рисунок 1 - Принципиальная схема БКТА на пять присоединений

1—4 — параллельная работа четырех секций; Р — трехфазный реактор; а — маломощный выпрямитель; Д — цепь реактор — выпрямитель, зашунтированный диодом

На рисунке 1 показана одна фаза БКТА, объединяющего на параллельную работу четыре секции (1—4) сборных шин 6—10 кВ. В нормальном режиме в контуре реактор—выпрямитель—диод появляется постоянный ток, значение которого должно быть больше расчетной амплитуды переменного тока в любом из присоединений БКТА. Тогда диод Д будет непрерывно находиться в проводящем состоянии, закорачивая аноды и катоды тиристорных групп на присоединениях. При подаче на эти тиристоры импульсов управления одноименные фазы линии связи секций соединяются в звезду и резко уменьшается эквивалентное сопротивление цепи питания. При КЗ на одном из присоединений, например, на секции 1, под влиянием резко возросшего напряжения на БКТА часть тириستоров запирается и между аварийной и неповрежденными секциями включается реактор Р, ограничивающий ударную полуволну тока КЗ от неповрежденных секций. Благодаря быстрой блокировке импульсов управления на тиристорах, присоединенных к поврежденной секции, ток подпитки КЗ прекращается за время порядка 0,01 с. На неповрежденных секциях при этом нет понижения напряжения. Повторное включение с восстановлением параллельной работы всех секций осуществляется БКТА немедленно после отключения аварийного присоединения.

Выделение резкопеременной нагрузки на отдельный питающий трансформатор позволяет вынести общую точку подключения



колебания напряжения на шинах 6—10 кВ в пределах нормы, относительно невелика. Поэтому этот вариант схемы не является предпочтительным по отношению к схеме с выделением резкопеременной нагрузки на отдельные трансформаторы.

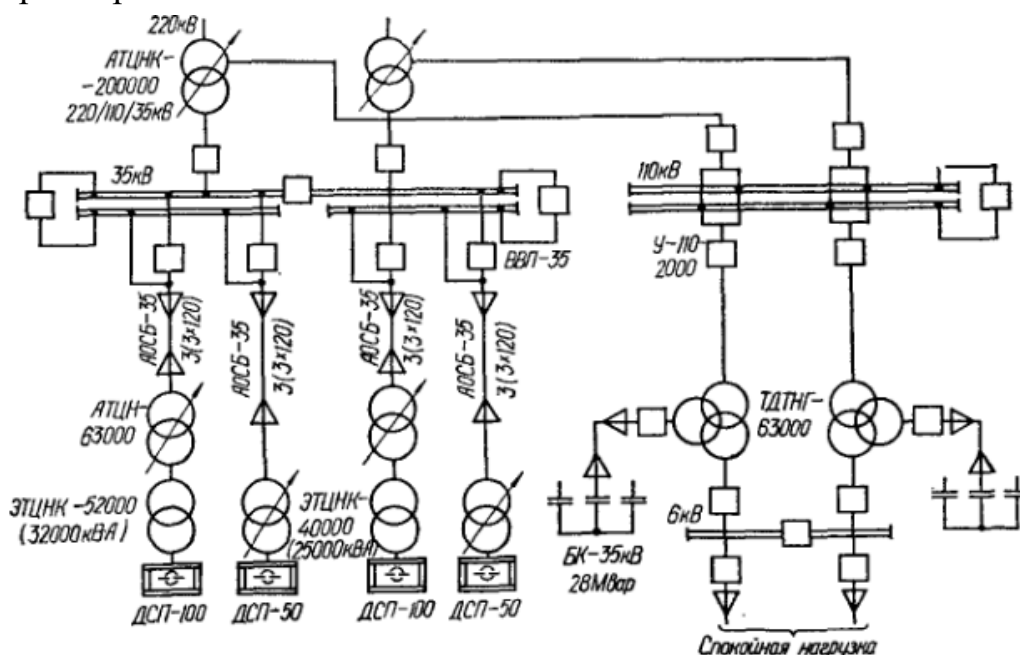


Рисунок 3 - Схема электроснабжения резкопеременной (ДСП) нагрузки от автотрансформаторов

«Развязка» резкопеременной и спокойной нагрузок может быть достигнута также с помощью силовых автотрансформаторов, рис. 3. Здесь «общая точка» выносится в место вывода обмотки среднего напряжения 110 кВ с большой величиной мощности КЗ. Для электроснабжения спокойной нагрузки в схеме на рис. 3 используют трансформаторы 110/6 кВ.

Литература.

1. «Качество электроэнергии. Регулирование напряжения и частоты в Энергосистемах», Ананичева С.С., Алексеев А.А., Мызин А.Л., Екатеринбург, г. 2012, с. 94
2. «Исследование влияния электроприемников с резкопеременным характером нагрузки на параметры качества электроэнергии», Бакшаева Н.С., Курск, г. 2012, с. 59
3. «Рациональное решение схем электроснабжения - Качество электроэнергии на промышленных предприятиях», Жежеленко И. В., Рабинович М. Л., Божко В. М., г. 1981, с. 19

УДК 620.9.001.12/.18

Румянцева В.В., Лавренчук А.А., преподаватель

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ МКД НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ РОССИИ

Введение

Ежегодно ученые всех стран подводят итоги относительно разведанных запасов газа, нефти и угля. Получаемые результаты за последние десятилетия сообщают нам, что наши основные источники энергии расходуются с большой скоростью и весьма нерационально. Данная информация в очередной раз подчеркивает важность внедрения политики энергосбережения и энергоэффективности.

Так как примерно 70% населения России проживают в зонах с достаточно неблагоприятными климатическими условиями, то затраты топлива как на обеспечение жителей теплом, так и на выпуск продукции в РФ наиболее высоки.

Нерациональный расход ресурсов и рост энергопотребления влечет за собой истощение запасов. Помимо этого, в связи с расточительным энергопотреблением, осложняется экологическая ситуация из-за увеличения выбросов токсичных и канцерогенных продуктов сгорания.

Так же следует отметить, что большинство жилых многоквартирных зданий в РФ представлены в виде хрущевских и брежневских панельных, кирпичных и блочных домов, а в период их строительства государство проводило политику «дешевых энергоносителей», поэтому уровень теплозащиты этих сооружений не соответствует современным стандартам.

Из всего выше сказанного, можно сделать вывод, что для нашей страны вопросы энергоэффективности имеют особую актуальность.

В связи с этим в РФ был организован проект Программы развития Организации Объединенных Наций (ПРООН) и Глобального экологического фонда (ГЭФ) «Энергоэффективность зданий на Северо-Западе России», на основе которого написана данная статья.

Актуальность данной проблемы состоит в том, что повышение энергоэффективности является одним из направлений развития экономики России. В связи с этим разработка программы энергосберегающих мероприятий для жилищного фонда Архангельской, Псковской и Вологодской областей является стартовой площадкой для последующего безоговорочного внедрения по всей территории РФ.

Цель, которой можно при этом достичь заключается в наращивании местного потенциала и демонстрации, реализуемых на местном уровне решений для повышения энергоэффективности в сфере строительства и эксплуатационного содержания зданий на северо-западе России.

Технологическая часть

Целью проекта ПРООН ГЭФ является повышение энергоэффективности в сфере строительства и эксплуатационного содержания зданий в трех северо-западных областях России: Псковской, Вологодской и Архангельской. Эти три области объединяются в одну группу для исследований, исходя из практически сопоставимых климатических условий и схожих типов жилых строений.

Однако существуют весьма значимые барьеры на пути повышения энергоэффективности в зданиях РФ. Можно выделить основные из них: рекомендательный характер большинства федеральных норм по энергосбережению в зданиях, упрощенные процедуры контроля над применением энергоэффективных материалов и технологий в строительстве, сложившиеся поведенческие стереотипы населения и трудности в организации и финансировании мер по энергосбережению в местах общего пользования. Проведя анализ жилищного фонда региона, были получены следующие данные: новостройки составляют 18 % от общей доли жилищного фонда, 70% - 5-ти и 9-ти этажные хрущевские и брежневские дома, остальное – частные строения.

Проект программы развития ПРООН ГЭФ предусматривает применение типовых и нетиповых решений по повышению энергоэффективности в зданиях типа 1-447С-12 (5-тиэтажки) и 1-335-АК (9-тиэтажки).

Рассмотрев все рекомендуемые мероприятия данного проекта и, проанализировав их с технической и экономической сторон, изучив распоряжение Правительства РФ от 01.09.2016 №1853-р и другие **нормативно-правовые документы, были приняты следующие энергоэффективные решения (ожидаемые результаты по их применению представлены в таб. 1):**

- **К обязательным мероприятиям относятся энергоаудит и установка общедомовый приборов учета воды и электроэнергии.**

- **Замена ЛН и ЛЛ на светодиодные.** Использование ламп накаливания для освещения помещений приводит к значительному перерасходу электрической энергии, поскольку светодиодные лампы, генерирующие аналогичный по мощности световой поток, потребляют в 4-9 раз меньше электроэнергии. Срок службы таких ламп в 2-3 раза больше, чем у ламп накаливания.

- **Установить датчики движения в местах общего пользования.** Успешный опыт эксплуатации датчиков движения показывает, что они позволяют сэкономить 70–80 % электрической энергии, затрачиваемой на освещение в здании.

- **Отказаться от утепления цоколя здания, т.к. большие затраты на монтаж не оправданы экономией ресурсов.** Вместо этого использовать технологию теплоизоляции внутренних трубопроводов систем отопления (СО) и горячего водоснабжения (ГВС) в неотапливаемых подвалах и чердаках.

- Установить частотно-регулируемый привод в индивидуальном тепловом пункте и на лифтовые установки. В общем балансе электропотребления страны на долю электропривода приходится примерно 30-40%. Соответственно, здесь сосредоточен наибольший потенциал экономии электроэнергии. Нерациональные потери в электроприводе вызваны несоответствием его параметров требуемым. ЧРП, помимо снижения расхода э/э, имеет еще два преимущества: возможность регулирования выходного параметра и плавный пуск электродвигателя.

- Произвести герметизацию швов и облицовку стен для экономии энергии на отопление.

- Также рекомендуется установить автоматические дверные доводчики на входных дверях. Это мероприятие производится с целью сокращения времени поступления холодного воздуха при открытии входных дверей. Дверной доводчик существенно уменьшает количество проникающего в помещение холодного наружного воздуха, что приводит к значительной экономии энергии на отопление.

- Установка приточно-вытяжная вентиляции с функцией рекуперации. Современные модели потребляют малое количество э/э и практически бесшумны.

- Улучшить теплозащитные свойства кровли. За счёт замены изоляции значительно снижаются теплопотери при нагреве инфильтрационного воздуха, которые являются следствием неплотностей. Эти потери зачастую составляют более 25% от общих теплопотерь помещения.

- Установка радиаторных термостатов - устройств для автоматического регулирования температуры в отапливаемом помещении.

- Установка в новостройках канадской системы отопления – специального агрегата, называемого хитор.

Заключение

В ходе переработки проекта было подробно изучено распоряжение Правительства РФ от 01.09.2016 №1853-р «Об утверждении плана мероприятий ("дорожной карты") по повышению энергетической эффективности зданий, строений и сооружений», согласно которому были приняты энергоэффективные решения. В результате предложенных комплексов мероприятий, обеспечивающих повышение энергоэффективности зданий в Псковской, Архангельской и Вологодской областях удалось достичь следующего:

- Для зданий типа 1-447С-12 были уменьшены капиталовложения на достижение повышения энергоэффективности. При этом за счет не типовых мероприятий была повышена экономия энергетических ресурсов (сокращение расхода электроэнергии снизилось на 6%, а теплотраты уменьшились в 2 раза).

- Для зданий типа 1-335-АК капиталовложения увеличились на 37%, однако удалось достичь снижения расхода электрической и тепловой энергии на 14% и 48% соответственно.

Таблица 1

Мероприятие	9/5	Ресурс	Затраты, тыс.руб	Окупаемость, лет
Энергоаудит	9	_____	19	_____
	5			
Прибор учета воды	9	Необх. мера	30	_____
	5			
Прибор учета э/э	9	Необх. мера	20	_____
	5			
Замена ЛН и ЛЛ на LED	9	э/э	30	1,27
	5		12	0,4
Датчики движения	9	э/э	33	1,06
	5		14	0,6
Теплоизоляция СО и ГВС	9	Тепл-я э.	57,6	2,2
	5		38,4	0,8
ИТП с ЧРП и в лифтовых установках	9	э/э	170	2,4
	5		120	1,7
Герметизация швов	9	Тепл-я э.	-----	-----
	5		268	1,9
Облицовка стен	9	Тепл-я э.	11 187	16,3
	5		-----	-----
Дверные доводчики	9	Тепл-я э.	7,5	7,05
	5		5	4,7
Приточно- вытяжная вентиляция	9	Тепл-я э.	922	12,6
	5		614	8
Теплоизоляция кровли	9	Тепл-я э.	2 638	7,5
	5		1 249	5,2
Радиаторные термостаты	9	Тепл-я э.	283,5	4,1
	5		105	1,2

Литература

1. Пилипенко Н.В., Сиваков И.А. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности инженерных систем и сетей. Учебное пособие. – СПб: НИУ ИТМО, 2013. – 274 с

2. Бушуев В.В. Энергоэффективность как направление новой энергетической политики России. Энергосбережение. 1999, №4, стр.32-35.

УДК: 620.95

Сапрыкина А.Е., студент, Кузнецов П.Н. ст. преподаватель

ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОМАССЫ

В последние годы в мире возникла большая заинтересованность в использовании биомассы для выработки тепловой и электрической энергии, ее вовлечение в топливно-энергетический баланс регионов и стран в целом. Такие данные были получены благодаря многочисленным исследованиям в странах Европейского союза, США и Российской Федерации. Установлено, что экономически оправданное использование биомассы, как энергетического топлива, позволяет покрыть 26% мировой энергетической потребности.

Интерес к широкому использованию биомассы определен следующими основными обстоятельствами:

- Экологическими, связанными с необходимостью решения, в том числе, глобальных климатологических задач. За счет использования биомассы в качестве возобновляемого источника энергии сохраняются природные ресурсы, в значительной степени решается проблема выбросов CO₂, повышается экологическая безопасность.

- Необходимостью снижения потребления не возобновляемых источников энергии (газ, нефть, уголь), активно истощаемых в обозримом будущем, и заменой их возобновляемыми источниками. При существующих темпах ежегодного спроса на электроэнергию в цивилизованных странах 2,5...3% в год составляет (по разным источникам): нефти 25–48 лет; газа 35–64 года; угля 228–330 лет (кстати, запасы урана также могут быть исчерпаны в 30–60 лет)

Между тем существуют факторы, препятствующие широкому внедрению биомасс:

- недоступность определенной доли растительных ресурсов для рентабельного использования;
- распределение некоторых видов биомасс относительно мелкими партиями, трудность их сбора (концентрации) и транспортировки;
- сезонность рынка некоторых биомасс, особенно годовичного цикла;
- трудности длительного хранения биомасс;
- сложившийся стереотип и отсутствие в нашей стране законодательного и экономического стимулирования.

Указанным обстоятельствам по внедрению и оптимизации способов использования биомассы как возобновляемого источника энергии в крупной энергетике в последнее время стали активно уделять внимание во многих странах мира. Об этом говорят многочисленные публикации в разных изданиях. К сожалению, в России этим вопросам уделено пока недостаточно внимания. Однако в малой (промышленной) энергетике и в России выполнен большой комплекс исследований и разработок по использованию биомасс различного происхождения.

Используя механизмы финансирования, в соответствии с Киотским протоколом, например, Санкт-Петербургский лесопромышленный концерн «Лемо», подготовил проект замены угольной ТЭС на энергоузел, работающий на биотопливе. Энергоузел будет обслуживать комбинат по производству пиломатериалов на территории Сясьского ЦБК. Это предприятие будет использовать технологию полного цикла утилизации промышленных отходов в биологически чистое топливо для выработки электроэнергии. Этот проект, как и три других проекта (перевод Амурской ТЭЦ «Хабаровскэнерго» с угля на газовое топливо; совершенствование системы централизованного теплоснабжения на Улан-Удэнской ТЭЦ-1; энергосберегающий проект Невинномысской ГРЭС), принят Углеродным фондом России (РАО «ЕЭС») для участия в тендерах на продажу сертифицированных квот на выбросы парниковых газов.

При этом следует иметь в виду, что по запасам биомассы Россия занимает первое место в мире, а лесные запасы уже сами по себе оказывают благотворный экологический эффект на климат всей планеты.

Основные источники биоэнергетических энергоресурсов включают в себя:

- отходы сельскохозяйственного производства;
- органические отходы промышленности, в том числе лесной, деревообрабатывающей, гидролизной, целлюлозно-бумажной, пищевой, мясо-молочной;
- осадки сточных вод;
- отходы коммунального производства (твердые бытовые отходы ТБО и жидкие).

Основными видами биомассы являются:

- древесные отходы (включая отходы лесного хозяйства);
- сельскохозяйственные отходы (включая отходы растениеводства, мукомольного производства, животноводства);
- выращиваемые энергетические культуры;
- отходы целлюлозно-бумажного производства (щелоки, отжатая кора и др.);
- бумага, не подлежащая вторичной переработке.

Наиболее значительным возобновляемым биоресурсом является древесина, запасы (лесные массивы) которой в России составляют свыше

25% общемировых. К древесной биомассе относятся: кругляк, щепа, кора, древесные опилки с лесопилок, древесные опилки мебельных отходов, горбыль, отходы лесозаготовок (сломанные деревья, кроны ветвей, пни и их корневая система и др.), древесная шлифовальная пыль, древесные отходы от сноса строительных сооружений, переработанные древесные отходы (из фанеры, досок), древесные отходы из необработанной древесины, деревянная тара, измельченные планки, древесная стружка. На каждый 1 млрд м³ объема леса на корню ежегодный прирост древесной биомассы составляет 25 млн м³ (здесь древесную биомассу составляет в основном переросший, болеющий или отмерший лес в виде кругляка). С каждого гектара такого леса, например, с лесного массива Новосибирской области, прирост древесины составляет 2,2 м³.

Биомасса из сельскохозяйственных отходов включает в себя: солому, лузгу подсолнечника, гречихи, овса; отходы мукомольного производства (отсевы, отруби); отходы животноводства (от животноводческих комплексов и птицефабрик); костная мука. К выращиваемым энергетическим культурам, составляющим биомассу, относятся: быстрорастущие травы (стебли люцерны и др.); деревья с коротким севооборотом (гибридная ива и др.), лозное просо.

Оценивая энергетические ресурсы растительной биомассы России, можно сказать, что основной ресурсной базой биотоплива являются отходы лесозаготовок, которые составляют 40...60% заготавливаемой древесины; 20% составляют отходы, образующиеся при лесопереработке и используемые пока только на 20%. По приближенным оценкам, суммарное годовое количество отходов лесопромышленного комплекса составляет свыше 200 млн м³. Отходы сельскохозяйственного производства составляют 200...250 млн м³ в год. В отвалы ежегодно направляются 100 млн м³ промышленных отходов только лигнина. Твердые бытовые отходы ежегодно накапливаются в количестве 35 млн т. В целом, ежегодно образующееся совокупное количество растительных отходов в России эквивалентно приблизительно 100 млн т нефти.

Таблица 1. Оценка энергетических ресурсов растительной биомассы России

№ п/п	Экономический регион	Отходы ле- созаготовок, млн м ³ /год	Отход лесоперера- боток, млн м ³ /год	Торф, млн м ³	
				Запасы	Годовая добыча
1	Северный	38	8,29	6681	69,1
2	Северо-Западный	7,26	1,7	3370	46
3	Центральный	12,72	3,52	1387	23,1
4	Волго-Вятский	10,92	2,76	1123	14,8
5	Центрально- Черноземный	0,18	0,28	–	–
6	Поволжский	3,66	2,64	–	–
7	Северо-Кавказский	0,9	0,87	–	–
8	Уральский	23,58	5,92	4416	47,7
9	Западно-Сибирский	16,38	3,66	50063	192,3
10	Восточно-Сибирский	38,1	11,46	16232	–
11	Дальневосточный	18,18	3,23	3713	–
	Всего по Российской Федерации	169,98	43,73	86985	393,0

Значительное количество органических отходов в виде соответствующих биомасс имеет место в целлюлозно-бумажном производстве (ЦБП), которое относится к наиболее энергоемким отраслям промышленности и отличается наличием широкой гаммы специфических отходов, которые должны использоваться либо в чисто энергетическом, либо, что наиболее экономично, в энерготехнологическом направлениях. В табл. 2, 3 приведены характеристики и баланс отходов ЦБП.

Таблица 2. Характеристика отходов ЦБП

Отходы	W^r , %	A^d , %	Элементный состав сухой массы, %				Q_i , ккал/кг	V^{daf} , %
			C^d	H^d	$S^d_{общ}$	$(N+O)^d$		
Отжатая кора	55...75	3...5	49...50	6...6,2	–	39...40	1580...610	78,5
Древесные отходы	40...60	0,9...1,4	50,5...51	5,6...6,0	–	40,5...42,5	2440...1340	81...85
Черный щелок	35...45	40...50	34...39	2,8...3,5	3,4	13...18	1800...1300	60...70
Сульфитный щелок	35...45	4...15	45...51	4,1...5	4,1-8	25...37	2000...1300	38...70

Таблица 3. Баланс отходов лесопромышленного комплекса с объемом переработки 6,5 млн м³ древесины.

Отходы	Источники отходов	Разновидность отходов	Количество топлива		Теплотворная способность, $Q_{\text{ис}}$, ккал/кг	В пересчете на условное топливо		В пересчете на выработку пара **	
			т/год	т/час		т/год	т/час	т/год	т/час
Твердые отходы	Механическая переработка древесины и ее сортировка	Отжатая кора	678,6×10 ³	119,8/53,1*	1340 (<i>W</i> =55 %)	130×10 ³	22,9/10,2*	1195×10 ³	211,0/93,7*
		Опилки от слесеров	32,9×10 ³	5,9/2,5	2030 (<i>W</i> =45 %)	9,6×10 ³	1,7/0,72	88,2×10 ³	15,6/6,64
		Отходы древесины при окорке и промывке балласта	70,7×10 ³	11,4/6,4	2030 (<i>W</i> =45 %)	20,5×10 ³	3,3/1,86	189,0×10 ³	30,4/17,1
		Мелкая щепа от сортировок	14,0×10 ³	1,7/1,7	2030 (<i>W</i> =45 %)	4,1×10 ³	0,493/0,493	37,7×10 ³	45,4/5
		Древесная пыль	63,0×10 ³	11,9/4,4	2030 (<i>W</i> =45 %)	18,3×10 ³	3,45/1,28	168,6×10 ³	31,7/11,78
		Обрезки фанеры и шпона	31,5×10 ³	3,8/3,7	2440 (<i>W</i> =40 %)	11,0×10 ³	1,32/1,29	115,0×10 ³	12,15/11,85
Жидкие отходы	Отходы от варки целлюлозы	Черный щелок	3022,2×10 ³	365,0	1300–1800** (<i>W</i> =40 %)	810×10 ³	98,0	7452×10 ³	901,0
		Барда гидролизно-дрожжевого производства	107,0×10 ³	12,9	1300–2000** (<i>W</i> =45 %)	30,5×10 ³	4,2	281,0×10 ³	38,65
Всего			4020×10 ³			1034×10 ³		9500×10 ³	

В табл.2 приведены характеристики отходов ЦБП как топлива. Видно, что все отходы ЦБП обладают свойствами, резко отличающими их от обычных энергетических топлив. При относительно высокой реакционной способности сухой массы они имеют чрезвычайно высокую приведенную влажность, специфические свойства минеральной части и обладают рядом других особенностей. Все это предъявляет особые требования к конструкциям топочных устройств. Таким образом, на целлюлозно-бумажных предприятиях всегда имеется широкая гамма топлив, резко различающихся по своим характеристикам: обычные энергетические (твердые натуральные топлива, мазут или газ), древесные отходы и жидкие горючие отходы производства. Поэтому для ЦБП наиболее остро встает проблема создания многотопливных котлов, допускающих сжигание под котлом единого профиля всех указанных топлив в различных соотношениях.

Наибольшее количество установок в мире, используемых для выработки электроэнергии, работают по пылеугольной технологии с факельным сжиганием. Здесь могут быть рассмотрены следующие основные из опробованных систем.

- По системе 1 биомасса после предварительной подготовки (измельчение, сушка) или без нее смешивается с углем в системе топливоподачи (до систем пылеприготовления); полученная в результате смесь угля с биомассой поступает в систему пылеприготовления, где осуществляется ее совместный размол; полученный после размол в системе пылеприготовления продукт направляется в горелочные устройства для совместного сжигания.

- По системе 2, осуществляется раздельное пылеприготовление биомассы и угля. Размолотая биомасса вводится в пылеугольный поток перед некоторыми или перед всеми горелками. В оптимизированном варианте

такой схемы применяются двухпоточные (с отдельным вводом по топливу) горелки. Такая схема внедрена, например, на котле энергоблока 380 МВт в Дании для совместного сжигания угля и соломы.

• По системе 3 биомасса приготавливается в автономной системе подачи и размола, а сжигается в горелках, оптимизированных для сжигания биомассы. По такой схеме (рис.1) был реконструирован котел блока 635 МВт компании EPON для электростанции в Нидерландах (Гельдерланд). На этой ТЭС, запроектированной для сжигания древесной биомассы совместно с углем (в количестве 3,27% по теплу), древесная щепа транспортируется на электростанцию в контейнерах, разгружается в приемные бункеры и по конвейеру подается на дробление; две дробильные установки производительностью по 10 т/ч измельчают щепу до размеров частиц 1...8 мм. Затем дробленая древесина транспортируется в бункеры мельниц (две микромельницы); сушка производится во время конвейерной транспортировки на мельницы со снижением влажности до 8%; размер частиц, выходящих из блоков микромельниц, менее 1 мм; они после пылеуловителя пневмоконвейером подаются на хранение в силос-бункер рядом с котлом; дозирующая система подает пыль на четыре отдельные инжекторные линии, каждая из которых соединена с горелкой тепловой мощностью 20 МВт для сжигания древесины.

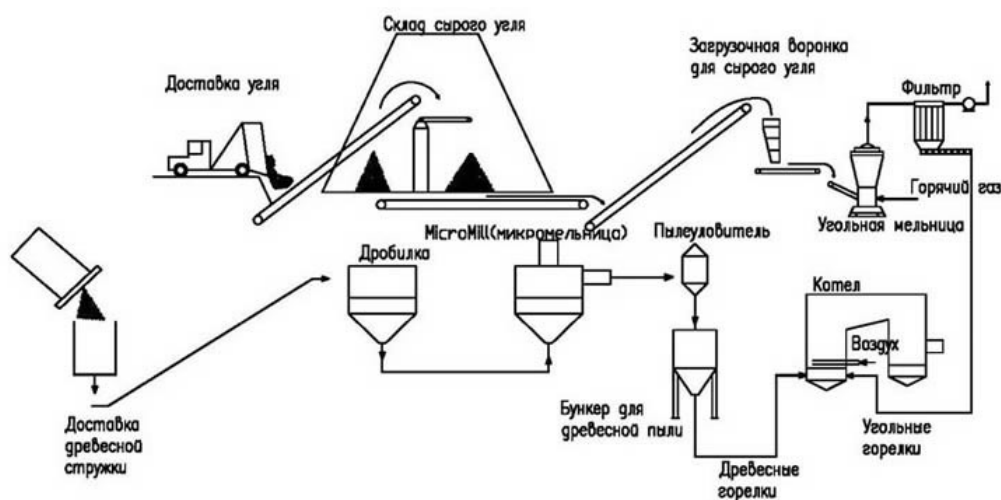


Рисунок 1 - Схема совместного сжигания на пылеугольной станции с помощью специальных горелок

• По системе 4 предусматривается частичное сжигание биомассы (главным образом древесины) в предварительной камере сжигания (или газификации) с последующим поступлением горячих газов из камеры предварительного сжигания в камеру пылеугольного котла (такая схема с выносной топкой и предварительной газификацией для котла блока 270 МВт проработана в США и будет рассмотрена далее подробнее).

• Прорабатывалась также и система 5, по которой предусматривалась подготовка и сжигание древесных суспензий (по аналогии с успешным в

ряде стран опытом использования водоугольных суспензий). Однако реального развития она не получила.

Из рассмотренных схем наиболее перспективной представляется технология совместного сжигания биомассы с углем в пылеугольном котле по системе №3. Обусловливается это следующими соображениями (по надежности, экономичности, объему модернизации и стоимости):

Положительные результаты получены в России при испытаниях на отходах переработки растительной биомассы топке с циркулирующим кипящим слоем (опыты проведены на установке мощностью 2 МВт); в результате открываются перспективы использования биомассы (в частности, в смеси с углем) в качестве топлива для энергетических установок средней и большой мощности. Реализация такого проекта в ближайшем будущем представляется весьма актуальной задачей.

Для энергетических котлов средней мощности представляет интерес метод низкотемпературного вихревого сжигания (НТВ метод) биомассы. При использовании в качестве топлива растительной биомассы, отличающейся пониженным содержанием золы и ее низкими абразивными свойствами, исключается такой недостаток, характерный для этого метода сжигания, как эрозия экранных труб набегающим вихревым потоком.

Процесс разработан и усовершенствован С-Петербургском техническом университете совместно с АО «Политехэнерго», ТОО «Энерготехнология» и др.

Сущность метода заключается в том, что в топке с помощью специально организованного воздушного дутья создается плотный вихрь, в котором осуществляется сушка и сжигание топлива. Посторонние включения, не поддающиеся сжиганию, проваливаются в холодную воронку и удаляются оттуда.

Принципиальная схема НТВ-метода сжигания биомассы наглядно иллюстрируется рис.2.

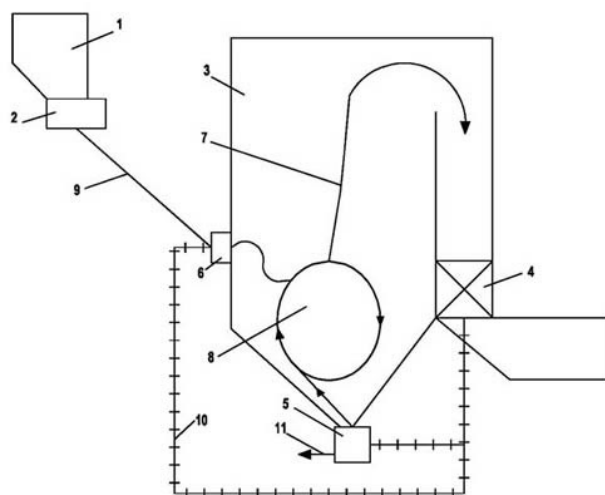


Рисунок 2 - Принципиальная схема НТВ-метода сжигания растительной биомассы:

- 1 – бункер топлива; 2 – питатель; 3 – топка; 4 – воздухоподогреватель;
 5 – удаление золы, шлака, не сжигаемых примесей; 6 – горелка;
 7 – ламинарная часть факела; 8 – турбулентная часть факела;
 9 – подача топлива; 10 – горячий воздух; 11 – зола

На основе НТВ-метода разработан и испытан в условиях промышленной эксплуатации на лигнине (растительной биомассе – отходах Кедайского биохимзавода) паровой котел мощностью 40 МВт. Метод НТВ опробован в опытно-промышленных условиях при сжигании отходов переработки древесины, гидролизного лигнина и других видах биомассы при их максимальной влажности 60 и более (до 70) %.

Проведенные испытания подтвердили достоинства внедренного метода: простоту обслуживания и реализации, возможность внедрения с минимальными переделками на действующих топках с факельным сжиганием или сжиганием в слое, самоочистку конвективных поверхностей нагрева, высокую надежность и взрывобезопасность, низкие эксплуатационные затраты, уменьшение на 40% выбросов в атмосферу оксидов азота (благодаря глубокому снижению температуры в топке и возможности осуществления стадийности в подводе окислителя). При сжигании биомассы с влажностью более 60% осуществляется использование мазута (или газа) для подсветки факела.

Наиболее универсальным способом, позволяющим использовать различные виды твердого топлива, в том числе и биомассы (как и твердых бытовых отходов) является его предварительная газификация с получением газа, который в зависимости от его качества используется в дальнейшем в энергетической установке (или сжигается в котельном агрегате или используется для непосредственного получения энергии в газотурбинной установке или двигателе внутреннего сгорания).

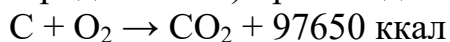
Процесс газификации близок к процессу горения топлив. Их отличие состоит в том, что в процессе горения происходит полное окисление топлива при достаточном количестве кислорода ($\alpha \geq 1$), а в процессе газификации происходит неполное окисление топлива при недостатке кислорода ($\alpha < 1$). Основа процесса для них одна – химическое соединение восстановителя (углерода, водорода) с окислителем (кислородом).

Газификация топлива осуществляется путем его нагрева до температуры 1100...1300°C и выше в среде с ограниченным содержанием окислителя. При этом в качестве окислителя может быть использован кислород в чистом виде (кислородное дутье), кислород, входящий в состав воздуха (воздушное дутье), кислород, получаемый при диссоциации водяного пара (паровое дутье) или кислород, получаемый при смешанном подводе окислителя (паровоздушное дутье).

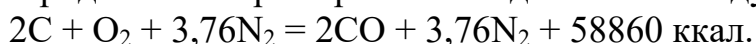
При газификации протекают реакции как с выделением тепла, так и с его поглощением, поэтому для поддержания процесса должно быть обеспечено

условие автотермичности, при котором суммарный тепловой эффект всех реакций будет равен нулю.

При получении воздушного газа, когда в газогенератор в качестве дутья поступает воздух, реакции окисления и восстановления (в расчете на 1 моль углерода – 14 кг) происходят по следующей схеме:

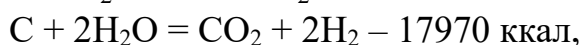
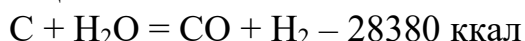


Реакция восстановления $\text{CO}_2 + \text{C} \rightarrow 2\text{CO} - 38790 \text{ ккал}$ является основной реакцией, характеризующей процесс получения воздушного газа. Идеальный воздушный газ подразумевается при газификации чистого углерода без потерь. Уравнение идеального воздушного газа имеет вид:



Для снижения температуры процесса в газогенератор вместе с воздушным дутьем вводятся водяные пары (смешанный процесс генерации – паровоздушное дутье). При паровом дутье получается водяной газ.

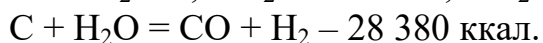
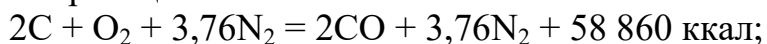
Водяной пар, проходя через слой раскаленного кокса зоны восстановления, вступает в химическое взаимодействие с углеродом по реакциям



т. е. обе реакции – эндотермические, с поглощением тепла. Это приводит к снижению температуры в зоне газификации. Получаемые при разложении водяного пара CO и H₂ повышают теплотворную способность газа, а продукты разложения водяного пара называются водяным газом. Водяной газ имеет более высокую теплотворную способность по сравнению с воздушным газом (при газификации бурых углей $Q^{\text{н}}_{\text{д}} = 2600 \text{ ккал/м}^3$). Однако при этом КПД процесса невысок.

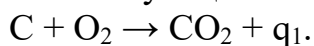
Наиболее распространенным процессом газификации является процесс, при котором получается смешанный газ, когда применяется воздушное дутье с присадкой водяного пара (паровоздушное дутье).

При этом процесс получения смешанного газа протекает по описанным выше реакциям:



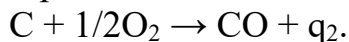
В общем виде процесс газификации происходит при следующих условиях.

- Нагрев топлива до температур газификации происходит вследствие того, что часть его сгорает с образованием диоксида углерода и соответствующим тепловым эффектом реакции q_1



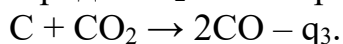
При стехиометрическом соотношении реакции углерода с кислородом, соответствующем коэффициенту избытка воздуха $\alpha = 1$ значение q_1 соответствует удельной теплоте сгорания углерода топлива.

- При недостатке кислорода ($\alpha < 1$) протекает реакция образования оксида углерода



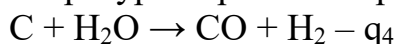
Однако хотя эта реакция протекает с выделением теплоты, величина $q_2 < q_1$ и часть потенциальной химической энергии углерода переходит в химическую энергию оксида углерода, являющегося горючим компонентом процесса газификации углерода.

- Оксид углерода может получаться также при восстановлении диоксида углерода CO_2 на поверхности раскаленного топлива по реакциям



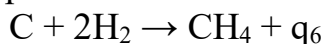
Эта реакция, в отличие от двух предыдущих, идет с поглощением теплоты и при охлаждении углерода прекращается.

- В присутствии в зоне газификации водяного пара при высоких температурах протекают реакции его конверсии



При этом образуется второй горючий газовый компонент H_2 .

- При повышенных давлениях протекают реакции образования третьего горючего компонента – метана



Выводы:

1. Приведены перспективные методы реализации проектов по сокращению выбросов CO_2 .
2. Проанализированы различные подходы к решению вопроса использования биомассы как альтернативного источника энергии.
3. По мировому опыту торговля квотами на выбросы позволяет инвестировать в реализацию проектов значительные финансовые поступления.
4. Вовлечение в производственный процесс различных видов биологических ресурсов требует решения вопросов согласования на государственном уровне программ производства и потребления биологических, энергетических культур, а также отходов сельского, лесного хозяйства и деревообрабатывающей промышленности.
5. Учитывая тенденцию постоянного повышения цен на природный газ в отечественной практике целесообразно ускорить работы по разработке отечественных котлов, сжигающих биомассу.

Литература:

1. Catherine Lacoursiere. Biomass future. Funding bioenergy projects with carbon portfolios // Renewable energy world. — 2006. — №3. — vol. 9. — P. 124-129.
2. Долинский А., Гелетуа Г.Г. Возможности замещения природного газа в Украине за счет местных видов топлива // Энергетическая политика Украины. — 2006. — №3-4. — С. 60–65.
3. Олейник Є., Жовмір М., Дрозд К., Єловікова Т. Енергетичні плантації. Чи можна зменшити залежність України від імпортованих енергоносіїв? // Біоенергоресурси. — 2007. — №3. — С. 6–9.
4. Jackie Jones. Nuclear power // Renewable energy world. — 2007. — № 1. — vol. 10. — P. 68.
5. Высоцкий С.П., Щербушенко Е.С. Экологические факторы использования возобновимых энергоресурсов // Збірник наукових праць ЯНАУ. Технічні науки.— 2007.— №70.— С. 41-54.
6. Гелетуа Г.Г., Железная Т.А., Жовмир Н.М., Матвеев Ю.Б. Современное состояние и перспективы развития биоэнергетики в Украине // Промышленная теплотехника.— 2005. — №1. — Том 27. — С. 78–85.

УДК: 621.92

Васильев А.Д., студент, В.В. Кувшинов, к.т.н.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СОЛНЕЧНОЙ УСТАНОВКИ, СОСТОЯЩЕЙ ИЗ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ И АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОНОМНОГО ПОТРЕБИТЕЛЯ

Введение

В условиях нынешнего положения в сфере электроснабжения Крыма настала пора в срочном порядке устанавливать дополнительные мощности по выработке электрической энергии, как для промышленных объектов, так и для индивидуальных потребителей [1]. В частности, многие жилые дома уже обеспечены бензиновыми и дизельными генераторами небольшой мощности от 1 до 5 кВт и более. Однако все эти меры не предусматривают того, что для эффективной работы этих систем необходимо постоянное энергообеспечение полуострова традиционными энергоресурсами (углеводородами) в размерах, значительно превышающих их плановые поставки. В условиях не только энергетической, но и транспортной блокады полуострова эти поставки становятся не только дорогостоящими, но и проблематичными. С учетом всего выше сказанного развитие альтернативных (ветровых и солнечных) энергоустановок в Крыму является одной из приоритетных задач.

Имеющиеся в Крыму солнечные фотоэлектрические станции передают выработанную электроэнергию непосредственно в общую энергосистему [1]. Однако непостоянство потока солнечной энергии приводит к неравномерной выработке энергии этими станциями, и как следствие оказывает негативное воздействие на электрические сети и подстанции. Также эти электростанции не решают задачу надёжного поставщика электрической энергии для Крыма.

Из-за постоянных перебоев с электроснабжением многие потребители в Крыму установили аккумуляторные системы для бесперебойного электроснабжения. При оснащении аккумуляторных систем жилых домов фотоэлектрическими модулями можно значительно снизить электропотребление в масштабах Крыма, а также обеспечить автономное электроснабжение индивидуальных потребителей.

Главной проблемой использования солнечных установок является невысокая плотность и непостоянство потока солнечной радиации [2]. Коэффициент преобразования солнечной радиации в электрическую энергию кремниевыми фотоэлектрическими модулями составляет 15...20 %, что также недостаточно для их эффективного использования. Чтобы изучить возможность использования фотоэлектрических систем с концентраторами и аккумуляторной станцией для обеспечения потребителей необходимо провести исследования в натурных условиях при использовании заводского оборудования.

Задачами исследования ставились изучение вольт-амперных и мощностных характеристик модулей и аккумуляторов при повышенной интенсивности светового потока за счет использования концентраторов. Для решения выше описанных задач авторами предлагается использовать двухсторонние фотоэлектрические модули [3], которые могут более эффективно работать с концентраторами, которые также представляют специальную конструкцию, при этом эффективность всей системы увеличивается, а время зарядки аккумуляторной станции значительно сокращается.

Установка для обеспечения автономного потребителя с двухсторонними модулями

Для обеспечения индивидуального потребителя нами была предложена установка, состоящая из двух фотоэлектрических модулей (рис. 1).



Рисунок 1 – Установка для обеспечения жилого дома

Установка состоит из двух модулей двух сторонней конструкции производства фирмы «Квазар», т.е. кремниевые фотоэлементы расположены с лицевой и тыльной стороны. Лицевая сторона имеет максимальную мощность 110 Вт, на ней расположено 72 элемента. Тыльная сторона имеет мощность 55 Вт и на ней также расположено 72 элемента (рис. 2). Следовательно, суммарная мощность одного модуля 160 Вт, а всей установки 320 Вт. Этой мощности хватает для обеспечения заряда трех аккумуляторов, расположенных на чердачном помещении здания, где также находится система управления.

При проведении экспериментов в натуральных условиях была получена зависимость зарядной емкости аккумулятора в зависимости от времени зарядки (рис. 2).

Зависимость относительной емкости выражается как функция: $c = f(t)$, при постоянной освещенности $E = 850 \text{ Вт/м}^2$.

При измерении потока солнечной радиации, можно определить зависимость тока заряда от солнечной освещенности: $I = f(E)$. Как видно из графика эта зависимость, является нелинейной.

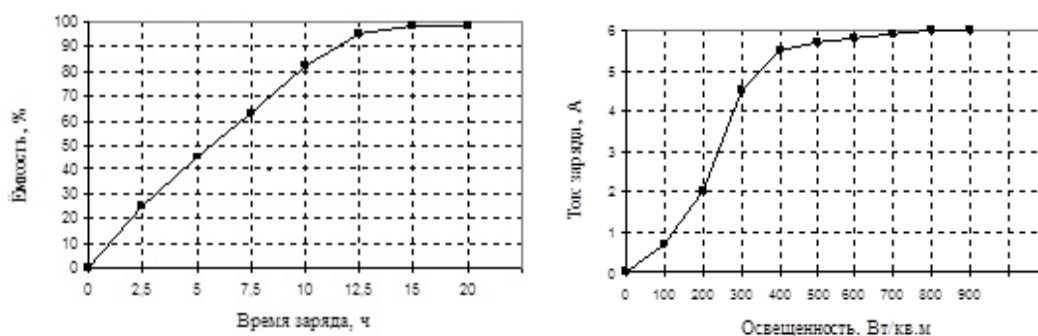


Рисунок 2 – Характеристики зарядной системы

Мощность каждого из 72 солнечных элементов лицевой стороны приблизительно составляет 1,52 Вт при к.п.д. 15 %. На лицевой стороне

мощность одного элемента составляет 0,76 Вт, эти элементы рассчитаны на работу при отраженной солнечной радиации небольшой интенсивности.

Работа этих модулей рассчитана на прямое и отраженное солнечное излучение (рис. 3), отражение происходит от светлой поверхности, расположенной на Земле.

Как видно для увеличения мощности отраженной солнечной радиации необходимо использовать покрытия с высоким коэффициентом отражения. При этом площади необходимые на установку фотоэлектрической системы сокращаются на половину. Т.к. мощность тыльной стороны составляет 50 % от мощности лицевой стороны.

Размеры солнечных элементов на обеих сторонах модуля одинаковые. Площадь одного фотопреобразователя составляет 10 х 10 см. Геометрические размеры каждого модуля: длина 130 см. ширина 66 см.

Для работы тыльной стороны и увеличения мощностных характеристик лицевой стороны фотоэлектрического модуля нужно использовать солнечные концентраторы. Важное условие сконцентрированного солнечного излучения, это равномерное распределение светового потока по всей площади рабочей поверхности солнечной фотоэлектрической установки. Т.к. электрические параметры элементов одинаковы и рассчитаны на одинаковую освещенность, то при нарушении этого правила работа некоторых мало освещенных элементов модуля будет вредить работе остальных, а мощностные характеристики всей электрической системы будут падать.

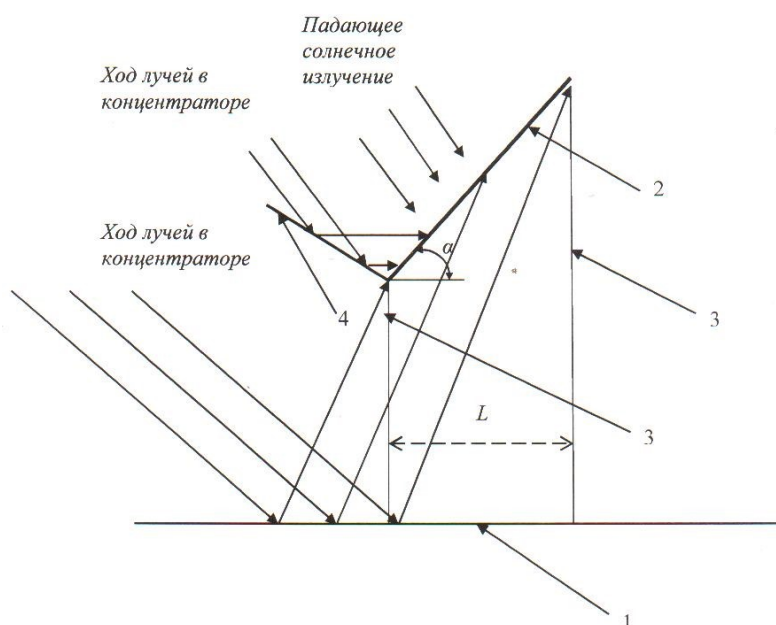


Рисунок 3 – Солнечный концентратор для модулей

Используя выше описанное условие можно утверждать, что для работы фотоэлектрической установки необходимо использовать плоские

солнечные концентраторы с равномерным освещением рабочей поверхности.

Конструкция концентратора должна соответствовать и заводской системе изображенной схематично на рис. 6. Примерная конструкция такого концентратора показана на рис. 7.

На рис. 7 следующие обозначения: 1 – отражающая поверхность большой площади; 2 – фотоэлектрический модуль (103 x 66 см); 3 – стойки модуля; 4 – отражающая боковая поверхность концентратора; L – расстояние между стойками; α – угол установки модуля (по отношению к отражающей поверхности 1); β – угол установки модуля (по отношению к отражающей поверхности 4).

Как видно из рис. 11 в качестве концентратора применены две отражающие конструкции (поверхности). Одна большой площади 1 (её размеры много больше размеров модуля по длине и ширине) она отражает свет на тыльную сторону, вторая 4 имеет одинаковые размеры с модулем и отражает поток солнечной радиации на лицевую сторону.

Боковые отражающие поверхности представляют собой конструкции с ровной поверхностью. Материалом для отражающих поверхностей предполагается выбрать светоотражающую фольгу. Такой концентратор представляет простую дешевую конструкцию, при этом отражающие характеристики фольги необходимые для увеличения рабочих характеристик модуля не уступают дорогим зеркальным отражателям.

Концентраторы плоской конструкции с отражающей фольгой были собраны в институте ядерной энергии и промышленности на кафедре Возобновляемых источников и электрических системы и сетей. После разработки и изготовления всей конструкции были проведены исследования в натурных условиях электрических характеристик промышленного фотоэлектрического модуля RS 250 с концентратором. Исследования проводились в ясные дни при максимальной освещенности, значения повышенной плотности солнечного потока при использовании концентратора достигало 1500 Вт/м². При проведении исследований использовался метод прямых измерений тока и напряжения модуля, при заданных нагрузочных характеристиках.

В результате, значения мощности вырабатываемой фотоэлектрическим модулем увеличивается более чем на 40 %. При этом видно, что значения тока не превышают заводских предельных характеристик, составляющих 13 А.

Вольт-амперные и мощностные характеристики соответствуют нормальной работе модуля, следовательно, отраженный поток солнечной радиации равномерно распределен по рабочей поверхности. При этом падения к.п.д. солнечных элементов не наблюдается, следовательно, нет перегрева рабочей поверхности модуля.

При работе в натурных условиях такого концентратора его небольшие габаритные размеры и расположение под углами отражателей удовлетворяют ветровым нагрузкам.

Выводы

1. Использование фотоэлектрических систем с аккумуляторными станциями позволяет экономно распределять нагрузку в течении суток и экономить энергетические ресурсы.
2. Предложенный концентратор, используемый для фотоэлектрической системы представляет простую и дешёвую конструкцию, повышающую мощностные характеристики модуля на 40 %, что может составлять значительную экономию стоимости всей установки за ватт вырабатываемой мощности.
3. Использование двухсторонних модулей позволяет экономить площади для установки фотоэлектрических систем до 50 %.

Литература.

1. Кувшинов В.В. Перспективы развития солнечной энергетики в Крыму / В.В. Кувшинов // Сб. науч. работ СНУЯЭиП. – Севастополь: СНУЯЭиП, 2013. – Вып. 1 (45). – С. 182 - 189.
2. Колтун М.М. Оптика и метрология солнечных элементов / М.М. Колтун // – М.: Наука, 1985. – 300 с.
3. Вейси Ф. Расчет тепловых режимов двухстороннего приемника излучения в статическом солнечном концентраторе / Ф.Вейси, Сергиевский Э.Д., Тюхов И.И. // Материалы 4-й Международной научно-технической конференции, 12-13 мая 2004 г., Москва, ГНУ ВИЭСХ. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2004. – Ч. 4. – С. 114 - 120.
4. Раушенбах Г. Справочник по проектированию солнечных батарей / Г. Раушенбах // – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 397 с.
5. Кувшинов В.В. Использование солнечных концентраторов для повышения мощностных характеристик сетевых фотоэлектрических станций / В.В. Кувшинов // Сб. науч. работ СНУЯЭиП. – Севастополь: СНУЯЭиП, 2014. – Вып. 1 (49). – С. 144 - 149.

УДК 621.92

Горецкий А.А., Кувшинов В.В., к.т.н.

**ВОЗМОЖНОСТИ ОСНАЩЕНИЯ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНЫМИ
КОНЦЕНТРАТОРАМИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК**

Для повышения мощности фотоэлектрических модулей предлагается использовать плоские низкопотенциальные концентраторы типа фоклинов, различные типы которых используются в маломощных фотоэлектрических установках для автономных потребителей [1]. Эти концентраторы обладают простотой конструкции, изготавливаются из дешевых материалов, что значительно сокращает стоимость всей фотоэлектрической установки за единицу мощности. Основное преимущество этого типа концентратора, это равномерное распределение всей сконцентрированной солнечной энергии по поверхности плоского фотоэлектрического модуля. Фоклины, за счет своей конструкции, могут длительное время в течение светового дня концентрировать солнечные лучи в плоскости модуля, что позволяет работать без использования системы солнечной ориентации [2]. Малый коэффициент концентрации не допускает превышения предельных значений по току, вырабатываемому модулем, которые устанавливаются заводом производителем, и снижения к.п.д. фотоэлементов модуля, вследствие перегрева его рабочей поверхности [3].

Целью данной работы являлась разработка солнечного концентратора для промышленного модуля, используемого для обеспечения автономного потребителя, который удовлетворял бы следующим условиям:

- равномерному распределению всего потока солнечной радиации по рабочей поверхности модуля;
- увеличению освещенности поверхности в пределах, при которых повышение значений вырабатываемого модулем тока, соответствует заводским характеристикам;
- недопущения перегрева рабочей поверхности модуля из-за сильного повышения плотности потока солнечной радиации, и как следствие падения к.п.д. фотоэлементов;
- простоте конструкции и дешевизне изготовления.

Для достижения поставленной цели необходимо было провести геометрические расчёты концентратора, выбрать оптимальную конструкцию, определить значение локального коэффициента концентрации, при котором бы предельные выходные электрические характеристики модуля, соответствовали бы заводским значениям. Также при разработке конструкции необходимо, было учитывать её способность соответствовать ветровым нагрузкам при работе в натуральных условиях.

Согласно экспериментальным данным значение тока короткого замыкания увеличивается в прямой зависимости от освещённости рабочей поверхности модуля [4] (рис.1).

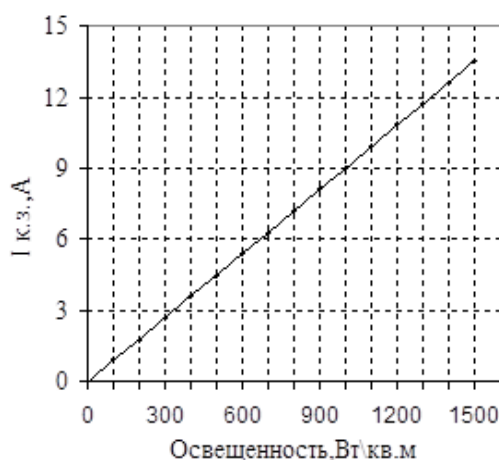


Рисунок 1 – Зависимость тока короткого замыкания от освещённости

При стандартных условиях, в частности в ясный день солнечная освещённость составляет около 1000 Вт/м². Следовательно концентратор должен повышать плотность потока солнечной радиации в плоскости модуля не более чем в 1,5 раза, что соответствует 1500 Вт/м². Т.е. локальный коэффициент концентрации должен составлять 1,5. Геометрический коэффициент концентрации выше локального коэффициента, т.к. не учитывает потери на переотражение солнечного потока в концентраторе и уменьшение мощности модуля, за счёт бокового падения отраженных лучей. Поэтому, согласно экспериментальным данным для плоского концентратора [5,6], геометрический коэффициент концентрации может составлять около 2.

На рис.2 показан ход лучей в фоклине, который состоит из двух плоских отражающих поверхностей. При такой конструкции площади обеих отражающих и приёмной поверхности одинаковы. Отражатели расположены под углом 60° к плоскости модуля. Геометрический коэффициент концентрации равен 2.

Концентратор такой конструкции использовался для экспериментальных исследований модуля (рис.3).

Боковые отражающие поверхности представляют собой деревянные конструкции с ровной поверхностью покрытой светоотражающей фольгой. Такой концентратор представляет простую дешёвую конструкцию, при этом отражающие характеристики фольги необходимые для увеличения рабочих характеристик модуля не уступают дорогим зеркальным отражателям [6].

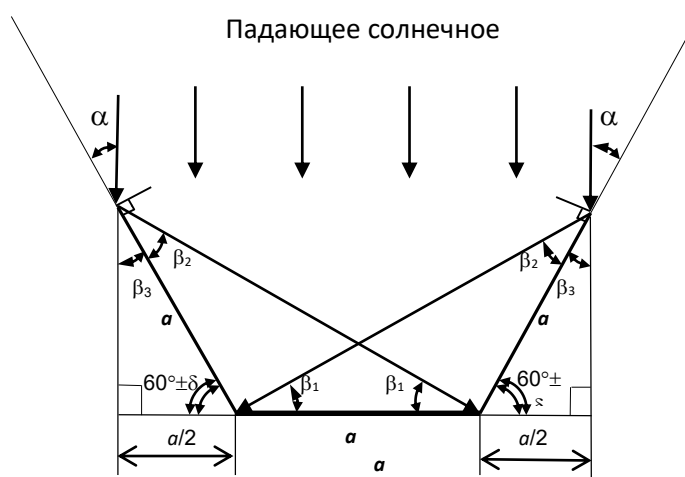


Рисунок. 2 – Ход лучей в плоском концентраторе

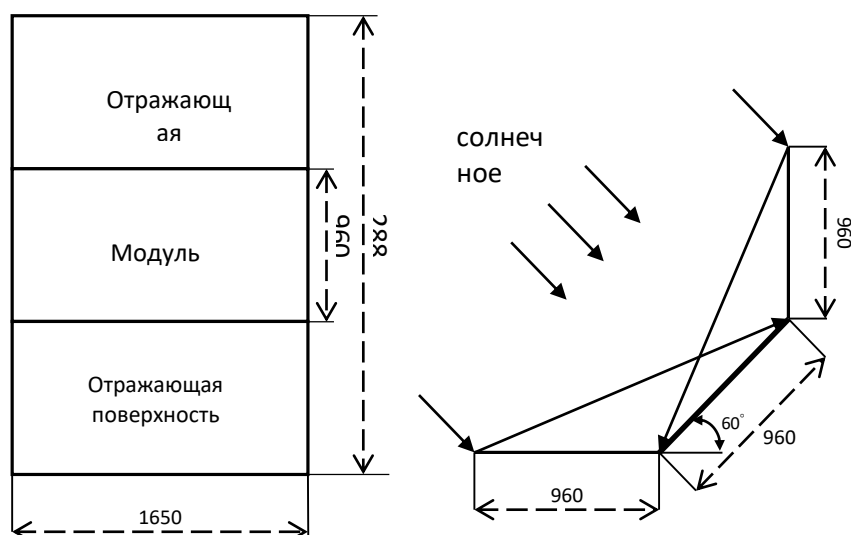


Рисунок 3 – Плоский концентратор для фотоэлектрического модуля (слева вид раскрытого концентратора, справа стрелками показан ход лучей в концентраторе).

После разработки и изготовления всей конструкции были проведены исследования в натуральных условиях электрических характеристик промышленного фотоэлектрического модуля с концентратором (рис.4). Исследования проводились в ясные дни при максимальной освещенности, значения повышенной плотности солнечного потока при использовании концентратора достигало 1500 Вт/м^2 . При проведении исследований использовался метод прямых измерений тока и напряжения модуля, при заданных нагрузочных характеристиках [4,5].

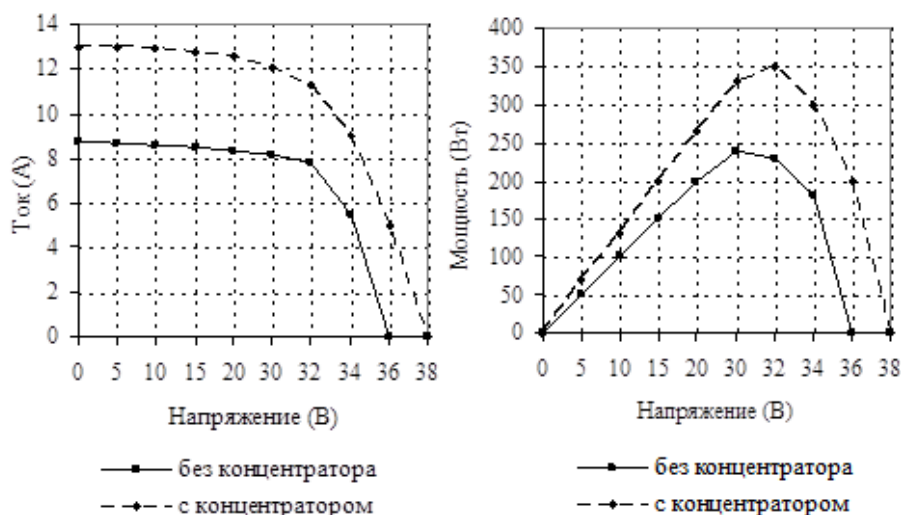


Рисунок 4 – Вольт-амперные и мощностные характеристики модулей

Как видно из графиков, представленных на рис.4, значения мощности вырабатываемой фотоэлектрическим модулем увеличивается более чем на 40 %. При этом видно, что значения тока не превышают заводских предельных характеристик, составляющих 13 А.

Вольт-амперные и мощностные характеристики соответствуют нормальной работе модуля, следовательно, отраженный поток солнечной радиации равномерно распределён по рабочей поверхности. Из графиков видно, что падения к.п.д. солнечных элементов не наблюдается, следовательно, нет перегрева рабочей поверхности модуля. Как было сказано, концентратор представляет простую и дешёвую конструкцию, повышающую мощностные характеристики модуля на 40%, что может составлять значительную экономию стоимости всей установки за ватт вырабатываемой мощности. При работе в натурных условиях такого концентратора его небольшие габаритные размеры (рис.3) и расположение под углами отражателей удовлетворяют ветровым нагрузкам. Если использовать другую конструкцию концентратора, то соблюдение всех выше перечисленных условий не представляется возможным. Проведенные исследования рабочих характеристик модуля дают возможность оценить его мощностные характеристики при повышенной нагрузке, и как следствие возможность увеличения выработки электроэнергии.

Из выше описанного можно сделать следующие основные выводы:

- предложенный концентратор [6] повышает мощность фотоэлектрического модуля более чем на 40 %, за счет увеличения освещенности и равномерного распределения потока солнечного излучения по рабочей поверхности;
- предложенный тип концентратора удовлетворяет всем поставленным задачам и условиям, необходимым для нормальной работы в натурных условиях солнечной электрической установки;

– простота изготовления и невысокая цена материалов позволяет значительно сократить удельную стоимость всей фотоэлектрической установки за единицу мощности;

– конструкция концентраторов позволяет оснащать ими уже действующие сетевые фотоэлектрические станции, с целью увеличения их энергетических характеристик.

Список использованных источников

1. Стребков Д. С. Концентраторы солнечного излучения / Д. С. Стребков, Э. В. Тверьянович; под ред. академика РАСХН Д. С. Стребкова. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2007. – 316 с.
2. Баранов В. К. Новые концентраторы излучения и перспективы их применения в оптике и гелиотехнике / В. К. Баранов // Труды Государственного оптического института. – С.-Петербург, 1979. – Т. 45, вып. 179. – С. 57 - 70.
3. Арбузов Ю. Д. Основы фотоэлектричества / Ю. Д. Арбузов, В. М. Евдокимов – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2007. – 292 с.
4. Колтун М. М. Оптика и метрология солнечных элементов / Колтун М. М. – М.: Наука, 1985. – 300 с.
5. Кувшинов В.В. Использование солнечных концентраторов для повышения мощностных характеристик сетевых фотоэлектрических станций / В.В. Кувшинов // Сборник научных трудов СНУЯЭ и П – 2014 – Вып. 1 (49) – С.144 - 149.
6. Кувшинов В.В. Пат. № 150120 Российская федерация; МПК Н 01 L 31/00. Солнечный концентратор для фотоэлектрических модулей / Башта А.И., Кувшинов В. В., Сафонов В. А.; заявитель и патентообладатель Кувшинов В. В. – Заявка № 2014149411; заявл. 17.10.2014; опубл. 27.01.2015, Бюл. № 3.

УДК 621.92

Смирнова Д.Д., Кувшинов В.В., к.т.н., доцент

ИССЛЕДОВАНИЕ МОЩНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛАБОРАТОРНОЙ СОЛНЕЧНОЙ УСТАНОВКИ НА БАЗЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ RS 250

При движении солнца по небосводу угол падения лучей на плоскую поверхность, установленную под углом, постоянно меняется в течение суток. Ориентировав модуль перпендикулярно солнечным лучам, и изменяя его угол наклона к горизонту, можно имитировать работу модуля в

зависимости от изменения угла падения солнечных лучей на его поверхность.

На экспериментальной площадке кафедры Возобновляемых источников энергии в течение 2014 - 2016 гг. проводились натурные испытания серийных фотоэлектрических модулей типа RS 250 [1]. Модули состоят из поликремневых элементов с КПД 17 %. Лабораторная установка состоит из 6 фотоэлектрических модулей RS-250 (рис. 1), соединённых последовательно. При этом для согласования параметров по освещённости использовался малый модуль ISM-50, мощностью 50 Вт. Мощности модулей составляют 250 Вт, а мощность всей установки 1,5 кВт.



Рисунок 1 – Лабораторная установка мощностью 1,5 кВт, состоящая из 6 модулей RS-250 и дополнительного модуля для измерений ISM-50

Таблица 1.

Заводские характеристики модуля RS-250

Характеристики модуля									
Кол ичество элемен тов	Дли на	Ши рина	P_{max}	I_{max}	U_{max}	$I_{кз}$	$U_{хх}$	$I_{пред.}$	$U_{пред.}$
60	1,65 м	1,05 м	250 Вт	8,21 А	30,6 В	8,73 А	37,4 В	13 А	1000 В
Данные соответствуют стандартным условиям (освещённость 1000 Вт/м ² , АМ1,5, $T_0=25^{\circ}C$).									

Заводские характеристики одного модуля RS-250 представлены в таблице 1. Данные показывают габаритные размеры модуля, значения тока,

напряжения и мощности в рабочей точке ($I_{\max}$, $U_{\max}$, $P_{\max}$), значения тока короткого замыкания ($I_{\text{кз}}$) и напряжения холостого хода ($U_{\text{хх}}$), значения максимального тока ($I_{\text{пред.}}$) и напряжения ($U_{\text{пред.}}$) в цепи группы модулей.

Исследования проводились на открытой территории в ясные солнечные дни при постоянной освещенности. Главной целью данного исследования было получение зависимостей изменения выходной мощности лабораторной установки (рис.2).

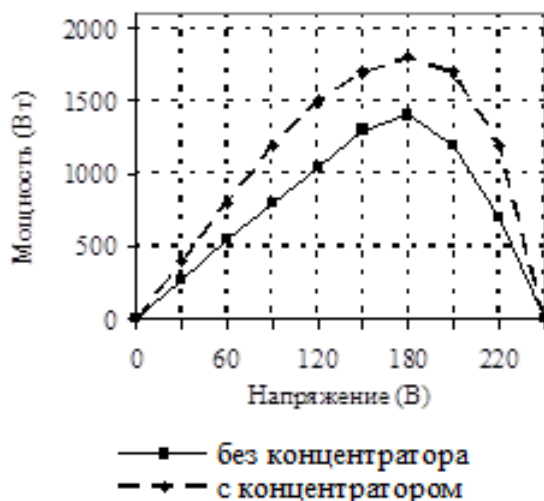


Рисунок 2 – Мощностная характеристика лабораторной установки мощностью 1,5 кВт

Согласно [2] для расчетов вырабатываемой мощности солнечной фотоэлектрической батареи используется формула (1):

$$P_{\text{мод}} = E_o \eta_{\text{эл}} S_{\text{мод}} F \cos \alpha_o, \quad (1)$$

где $\eta_{\text{эл}}$ – КПД элементов; E_o – солнечная освещенность; $S_{\text{мод.}}$ – площадь солнечной батареи; F – фактор, учитывающий особенности солнечной батареи (заполнение элементами и возможную деградацию ее параметров); α_o – суммарный угол между нормалью к плоскости модуля и падающими солнечными лучами.

По экспериментальным данным, угол наклона модуля по отношению к падающим солнечным лучам сильно влияет на показатели модуля, в результате изменяются энергетические и мощностные характеристики [3], только при перпендикулярном падении лучей на рабочую поверхность экспериментальные и теоретические данные совпадают.

Для исследования установки при повышенной нагрузке предлагается использовать плоские низкопотенциальные концентраторы типа фоклинов, эти концентраторы повышают мощность фотоэлектрических модулей [4]. В качестве концентратора использовались панели со светоотражающей

фольгой. Концентратор расположен на горизонтальной поверхности под определенным углом к модулям [5].

Используя лабораторную солнечную фотоэлектрическую установку мощностью 1,5 кВт с линейным низкопотенциальным концентратором [4,5], были получены данные по увеличению её мощностных характеристик (рис.2).

Как видно из графиков, представленных на рис.2, значения мощности вырабатываемой фотоэлектрической установкой увеличивается более чем на 40 %. Этот тип концентратора не только увеличивает мощность, но и равномерно распределяет поток солнечного излучения по рабочей поверхности установки.

Библиография:

1. Исследование характеристик фотоэлектрических модулей, используемых в сетевых солнечных станциях / В.В. Кувшинов // Сборник научных трудов СНУЯЭ и П – 2013. – Вып. 4 (48) – С.170 - 177.
2. Раушенбах Г. Справочник по проектированию солнечных батарей / Г. Раушенбах. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 397 с.
3. Колтун М. М. Оптика и метрология солнечных элементов / Колтун М. М. – М.: Наука, 1985. – 300 с.
4. Кувшинов В.В. Использование солнечных концентраторов для повышения мощностных характеристик сетевых фотоэлектрических станций / В.В. Кувшинов // Сборник научных трудов СНУЯЭ и П – 2014 – Вып. 1 (49) – С.144 - 149.
5. Кувшинов В.В. Пат. № 150120 Российская федерация; МПК Н 01 L 31/00. Солнечный концентратор для фотоэлектрических модулей / Башта А.И., Кувшинов В. В., Сафонов В. А.; заявитель и патентообладатель Кувшинов В. В. – Заявка № 2014149411; заявл. 17.10.2014; опубл. 27.01.2015, Бюл. № 3.

УДК 621.31

Ерофеев С.Г., Куликова Н.А. ст. преподаватель

ЗВЁЗДНЫЕ БАТАРЕИ – ПРОРЫВ В АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКАХ ЭНЕРГИИ

Разработка российских ученых конца восьмидесятых годов даёт свои первые плоды, а точнее новый альтернативный источник энергии — звездную батарею. Базовыми элементами этого устройства являются

гетерозлектрический конденсатор и гетерозлектрический фотоэлемент, что дает значительные преимущества по сравнению с солнечными батареями.

Звездная батарея получила такое название, так как может функционировать при отсутствии солнечного света, улавливая как *видимые световые потоки, так и инфракрасные*. Это говорит о том, что данный вид батареи будет намного эффективнее в особо облачных и затемнённых регионах России.

При преобразовании видимого света эффективность устройства составляет 54 %, инфракрасного излучения — 31 %. При этом в звездной батарее фототок в четыре раза выше, чем в солнечной, а масса на один ватт практически в 1000 раз меньше, что вполне немаловажно для снижения себестоимости батареи в случае ее промышленного выпуска

Вполне вероятно, что внедрение в практику гетерозлектриков даст существенный скачок в научно-технической сфере, революционным образом меняющий всю экономику. Поэтому учёные из Дубна обещают в скором времени создать опытные образцы, по которым можно будет запускать звёздные батареи в серийное производство.

Библиография:

УДК 621.311

Смирнов В. А., Смирнов Д. А., Шестернёва А. В. преподаватель

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Светотехнический расчёт необходим при проектировании практически любого объекта. Существует несколько методов светотехнического расчета освещения: точечный метод, метод коэффициента использования светового потока и метод удельных мощностей. У каждого метода есть свои достоинства и недостатки. Но в современном мире уже используют прикладные программы для расчёта освещения. Мы проводим сравнительный анализ светотехнического расчёта осветительной установки двумя способами: точечным методом от линейных источников света и с помощью программы DIALux Light.

Для этого нами был рассчитан механический цех электроаппаратного завода. Вручную было рассчитано компрессорное помещение, а программным методом все восемь помещений этого цеха.

Точечный метод применяется для расчета общего равномерного, общего локализованного и местного освещения, а также освещения открытых пространств при любом расположении освещаемых поверхностей. Данный метод может применяться для расчетов любых источников света и для любых типов поверхностей. Он учитывает в себе коэффициент оптимального расположения светильников, мощность и световой поток каждого источника света. Для определения освещенности на различном расстоянии от источника света мы используем пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности.

Алгоритм точечного метода расчета от линейных источников света:

1. Выбираем источник света и тип светильника
2. Находим расстояние от источников света до рабочей поверхности
3. Определяем расстояние между рядами светильников и их количество
4. Условно разделяем ряды светильников на 2 не равных полуряда
5. Выбираем контрольную точку, относительно которой производим весь дальнейший расчет
6. Определяем суммарную относительную освещенность в выбранной контрольной точке от всех рассматриваемых источников света.
7. Определяем световой поток и мощности источников света.
8. Считаем установленную мощность осветительной установки

Преимущества данного метода:

- можно определить освещенность в любой точке помещения, как в горизонтальной, так и в вертикальной или наклонной плоскостях
- Позволяет рассчитать освещение, когда часть светильников закрывается расположением в помещении оборудования или каких либо предметов
- используется для расчета любого типа осветительных установок (в том числе для уличного освещения, прожекторного, местного, комбинированного и равномерного)

Недостатки данного метода:

- Результаты расчета имеют погрешность
- Занимает много времени
- Для расчета требуются специальные знания
- Требуется справочная литература

Для программного расчёта нами был выбран пакет прикладных программ DIALux. Расчёт проводился с помощью специального ассистента DialuxLight.

Программа DIALux от известной немецкой компании DIAL GmbH на сегодняшний день является лучшей из бесплатных программ по расчёту наружного и внутреннего освещения при заданном типе, количестве и расположении различного рода светильников. Сегодня уже существует огромное множество плагинов для данного софта, включая базы данных светильников от мировых производителей.

DIALux позволяет учитывать при расчёте освещения цвет и текстуру поверхности, а так же интерьер и геометрические параметры помещения. В качестве результата обработки данных пользователь получит полноценный общий 3D вид освещённого помещения и графическое изображение распределения света по заданной поверхности. Плюс ко всему, к программе прилагается ассистент DialuxLight, который поможет спланировать освещение без необходимости осваивать весь пакет Dialux.

С помощью этого ассистента можно быстро и просто планировать расположение источников света. Таким образом, пользователи, которые редко работают с DIALux, могут использовать DIALux Light, без необходимости полностью обучаться использованию программы DIALux.

Алгоритм расчёта DIALuxLight несколько отличается от алгоритма расчёта ручных методов. В первую очередь мы выбираем непосредственно используемые светильники. Их можно выбрать из каталогов. При выборе светильников мы сразу знаем все их параметры: тип, мощность, световой поток, геометрические размеры, а так же можно выбрать вид монтажа и его параметры. Затем нужно ввести геометрические размеры помещения, коэффициенты отражения, параметры особенностей использования помещения, высоту рабочей поверхности.

Затем появляется окно, в котором можно установить количество и расположение светильников или задать необходимую освещённость. Так же можно посмотреть, что программа может нам предложить в качестве оптимального решения. Нажимаем кнопку «Расчёт» и программа производит светотехнический расчёт освещённости для данного помещения с заданными параметрами. В качестве результатов мы наблюдаем построенные изолинии для каждого светильника, освещённость для каждой точки помещения, максимальную, минимальную освещённость и их отношение. Результаты можно сразу распечатать, сохранить в PDF, или сохранить в DIALux для построения 3D модели и более сложных расчётов.

Преимущества расчёта в DIALuxLight:

- Точность
- Скорость
- Простота
- Не требует специальных знаний
- Гибкость при изменении данных

Недостатки:

4. Для расчёта необходима ЭВМ

В результате расчётов компрессорного помещения были получены следующие данные для сравнения:

Таблица 1

№	Параметры	Точечный метод		DIALuxLight	
		Справочные данные	Рассчитанные параметры	Справочные данные	Рассчитанные параметры
1	Освещённость	100		100	
2	Световой поток одной лампы		2806	3000	
3	Мощность одной лампы		40	36	
4	Количество ламп		2		2

Результаты расчёта в DIALuxLight приведены на Рисунке 1. Мы видим, что DIALuxLight производит расчёт освещённости для каждой точки рассчитываемой поверхности, предлагает оптимальное расположения светильников, строит изолюксы для каждого светильника и считает максимальную, минимальную, среднюю освещённость и их отношение. Эти данные получить путём расчёта вручную весьма сложно и энергозатратно. Намного проще и эффективней использовать DIALuxLight для любых светотехнических расчётов. Так же использование DIALuxLight не требует большого количества специальных знаний. Эта программа проста и удобна в обращении. А главное она позволяет учитывать любые факторы, влияющие на освещённость, такие как коэффициенты отражения стен, пола, потолка, уровень рабочей поверхности, способ монтажа светильников, и даже назначение помещения.

Использование DIALuxLight позволяет рассчитывать любое помещение и уличное освещение.

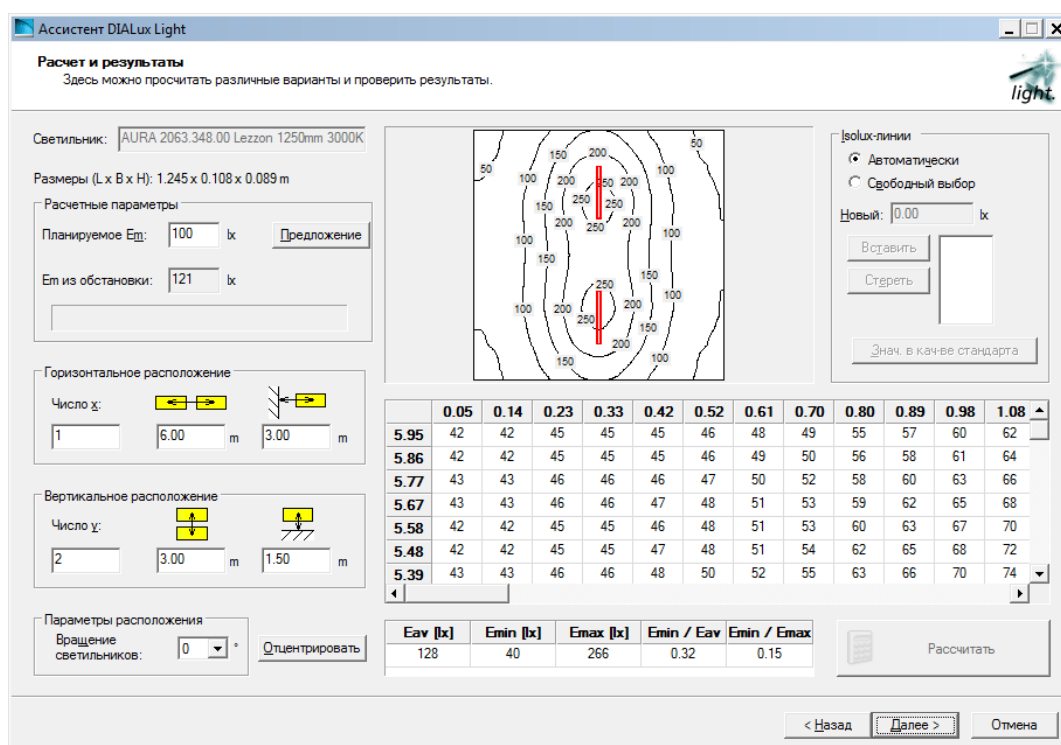


Рисунок 1 – Светотехнический расчёт в программе DIALuxLight.

Литература.

1. <http://www.dialux-help.ru>
2. «Электрическое освещение бытовых и промышленных объектов», Костров Е. П., Шестернёва А. М., Севастополь, «СевГУ», г. 2016, с. 51
3. «Электрическое освещение бытовых и промышленных объектов, краткий курс лекций», Костров Е. П., Шестернёва А. М., Севастополь, «СевГУ», г. 2016, с. 101

УДК 621.32

Кочетов И.А, Куликова Н.А. ст. преподаватель

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Данная тема актуальна для Республики Крым и г. Севастополя.

Много веков назад люди открыли особые свойства янтаря: при трении в нем возникает электрический заряд. В наши дни с помощью электричества мы имеем возможность смотреть телевизор, переговариваться с людьми на другом конце света, а также получать свет и тепло, лишь повернув для этого выключатель. Опыты с янтарем, то есть смолой хвойных деревьев, окаменевшей естественным образом, проводились еще древними греками.

Они обнаружили, что если янтарь потереть, то он притягивает ворсинки шерсти, перья и пыль. Если сильно потереть, к примеру, пластмассовую расческу о волосы, то к ней начнут прилипать кусочки бумаги при трении янтаря, пластмассы и ряда других материалов в них возникает электрический заряд. Само слово "электрический" происходит от латинского слова *electrum*, означающего "янтарь". Вспышка молнии - одно из самого зрелищного проявления электрического заряда, Молния возникает в результате большого скопления электрических зарядов, и облаках. Если имеющие электрический заряд объекты притягивают и удерживают только очень легкие предметы, то магнит может удерживать довольно тяжелые куски железа.

Использование электричества обеспечивает довольно удобный способ передачи энергии, и в силу этого оно было адаптировано для существенного и по сей день растущего спектра практических приложений. Одним из первых общедоступных способов применения электричества было освещение; условия для этого оказались созданы после изобретения лампы накаливания в 1870-х годах. Создателем лампы накаливания является русский электротехник А.Н. Лодыгин. Первая лампа накаливания представляла собой замкнутый сосуд без воздуха с угольным стержнем. Хотя с электрификацией были сопряжены свои риски, замена открытого огня на электрическое освещение в значительной степени сократила количество возгораний в быту и на производстве.

В целом, начиная с XIX века, электричество плотно входит в жизнь современной цивилизации. Электричество используют не только для освещения, но и для передачи информации (телеграф, телефон, радио, телевидение), а также для приведения механизмов в движение (электродвигатель), что активно используется на транспорте (трамвай, метро, троллейбус, электричка) и в бытовой технике (утюг, кухонный комбайн, стиральная машина, посудомоечная машина).

В целях получения электричества созданы оснащённые электрогенераторами электростанции, а для его хранения — аккумуляторы и электрические батареи.

В дальнейшем история развития электрического освещения уже стала двигаться вперед благодаря бурной деятельности ученых и изобретателей, так как каждое новое изобретение собой символизировало новый виток развития индустрии освещения.

В 1901 году Купер-Хьюит продемонстрировал ртутную лампу низкого давления.

В 1905 году в мастерского Ауэра была изготовлена первая осветительная лампа с вольфрамовой спиралью.

В 1906 году ученый Кух изобрел ртутную лампу высокого давления.

В 1910 году был сделан важный ключевой прорыв по открытию галогенного цикла.

В 1913 году изобретатель Лангье продемонстрировал публике газонаполненную лампу, получившую впоследствии его имя.

В 1931 году ученый Пирани изготовил натриевую лампу низкого давления.

В 1946 году господин Шульц поражает всех ксеноновой лампой.

В 1958 году появились на свет галогенные лампы накаливания.

В 1962 году был создан первый светодиод с красным спектром излучения.

В 1982 году мир увидел низковольтные галогенные лампы.

В 1983 году были изобретены компактные люминесцентные лампы.

В этих датах история развития электрического освещения показана не только в виде передовых достижений науки, но и в виде изобретений, воплощенных в конечных продуктах массового потребления. В современное время уже хорошо отлажено серийное производство самых различных электрических источников света, в том числе и светодиодов, которые получили окончательное признание в истории. Их преимуществами являются огромный срок службы, высокая сила света, крошечные размеры и практически неисчерпаемый потенциал энергосбережения. Однако пока широким использованием светодиодов может похвастаться только история развития электроники.

Литература.

1. <http://fb.ru/article/2904/-istoriya-razvitiya-elektricheskogo-osvescheniya>
2. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Электричество>

УДК 621.3

Ромушин В.Л., Куликова Н.А. ст. преподаватель

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ОСВЕЩЕНИИ ЗДАНИЙ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОБЫТОВЫХ ПРИБОРОВ

Актуальность данной темы заключается в том, что Энергосбережение организационная, научная, практическая, информационная деятельность государственных органов, юридических и физических лиц. Эта деятельность направлена на снижение расхода (потерь) топливно-энергетических ресурсов в процессе их добычи, переработки,

транспортировки, хранения, производства, использования и утилизации. К энергосбережению мы относим комплекс мер направленных на рациональные использования энергоресурсов. В настоящее время самыми эффективными признаны следующие направления деятельности по энергосбережению:

1. Создание нормативной и правовой базы энергосбережения.
2. Создание необходимых экономических механизмов.
3. Создание финансовых механизмов энергосбережения.
4. Проведение политики ценообразования, которая отражает затраты на энергоресурсы, производимую продукцию, услуги и определяет уровень жизни населения.
5. Создание системы управления энергосбережением.
6. Создание информационной системы пропаганды проблем энергосбережения, обучения, переподготовки кадров, менеджеров, работающих в этой сфере.

Энергосбережение при освещении зданий. Все более широкое применение находят системы автоматического управления включением, отключением светильников и автоматического регулирования освещенности, а также энергоэкономичные источники света. Зарубежный опыт свидетельствует, что автоматизация освещения позволяет снизить энергопотребление на 30-50%. С появлением около десяти лет назад электронных пускорегулирующих аппаратов (ЭПРА) возникла возможность создания более энергоэкономичных светильников с компактными люминесцентными лампами (КЛЛ).

Электробытовые приборы и их эффективное использование. Производство электрических машин и аппаратов зародилось в конце XIX века. А на рубеже XIX-XX веков в течение нескольких лет были созданы практически все типы бытовых электроприборов, применяемых и по сегодняшний день. В электроприборах наших дней используются те же принципы и элементы конструкций. А отличаются они лишь современным внешним оформлением, обеспеченным новыми материалами, и технологией. **Электрическим чайником,** можно сберечь до 40% электрической энергии. **Микроволновые печи.** Предназначены для быстрого приготовления пищи, совершенными являются комбинированные микроволновые печи. **Холодильники.** Примерно 30-40% потребляемой в доме электрической энергии приходится на холодильник. Экономичность их использования зависит от режима работы и соблюдения правил эксплуатации. **Утюги.** Мощность утюга довольно велика около киловатта. Чтобы добиться некоторой экономии, порой довольно значительной, белье должно быть слегка влажным: пересушенное или слишком мокрое приходится гладить дольше, тратя лишнюю энергию. **Стиральные**

машины. Наиболее энергоэкономными являются автоматические стиральные машины, включение и выключение которых производится по программе. **Системы воздушного отопления.** Существующая в нашей стране централизованная система отопления имеет некоторые особенности, усложняющие экономию тепла при его транспортировке. Протяженность трубопроводов, по которым теплоносители доходят до потребителя, в отдельных случаях составляет десятки километров. Как показывает практика, в стандартных теплосетях по пути от ТЭЦ к отапливаемому зданию теряется до 40% тепла

Вывод: Энергосберегающие мероприятия напрямую связаны и влияют на себестоимость коммунальных услуг. Необходимо безотлагательно принять меры для коренного улучшения работы по энергосбережению, нормированию расхода топливно-энергетических ресурсов на производство работ и коммунальных услуг, внедрению приборов учета расхода и регулирования энергоносителей, обеспечению расчетов населения по установленным приборам, что в конечном итоге приведет к экономии ресурсов и снижению себестоимости жилищно-коммунальных услуг.

Литература.

1. <https://www.studsell.com/view/207000/>
2. <http://xreferat.com/102/179-1-energoberezhenie-pri-osveshenii-zdaniy>.

УДК 621.311:338.5

В.В. Румянцева, Л.И. Бабурова, ст. преподаватель каф. «Экономика предприятия»

ЭКОНОМИКА «УМНЫХ СЕТЕЙ» В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

«**Умные сети**» электроснабжения, именуемые также Smart Grid, что в свою очередь расшифровывается как Self Monitoring Analysis and Reporting Technology – это модернизированные сети электроснабжения, использующие информационные и коммуникационные технологии (ИКТ) о производстве электроэнергии и ее потреблении для повышения надежности, эффективности, сокращения энергопотерь, снижения затрат ресурсов и выбросов в атмосферу, обеспечения устойчивости производства и корректного распределения электроэнергии и в конечном итоге получения экономического эффекта.

Актуальность данной темы состоит в том, сверхнормативный (более 25 лет) срок эксплуатации оборудования для подстанций и линий

электропередачи ФСК ЕЭС РФ составляет 47% и соответственно 67%, в том числе аварийный (более 35 лет) срок эксплуатации составляет для подстанций 17% и для ЛЭП – 26% и это приводит к высоким потерям (до 40%) и снижению надежности. Поэтому остро стоит вопрос о модернизации оборудования электроэнергетики.

«Энергетическая стратегия России на период до 2030 г.» направлена на инновационную и научно-техническую политику в электроэнергетике и предусматривает создание высокоинтегрированных интеллектуальных системообразующих и распределительных электрических сетей нового поколения в Единой энергетической системе РФ - интеллектуальных сетей Smart Grids.

Энергосистема на основе Smart Grid объединяет две подсистемы:

- традиционная подсистема передачи электроэнергии от генерирующих объектов к потребителю;
- подсистема обмена информацией между генерирующими объектами, передающими, распределяющими сетями, потребителями и рынком электрической энергии и мощности, использующая интернет-домены всех субъектов от производства, диспетчеризации, передачи, сбыта и до потребления электрической энергии.

Информационно-коммуникационное взаимодействие различных доменов осуществляется по информационным сетям локального уровня – сетям подстанций и зданий, а также системного уровня – корпоративной сети оператора передачи и распределения электроэнергии, глобальным информационным сетям, сетям общего доступа.

Модернизация электроэнергетической отрасли осуществится путем внедрения активных элементов, датчиков, системы сбора и обработки данных, исполнительных механизмов, средств автоматической оценки текущей ситуации с высоким быстродействием и информационным обменом. Капиталовложения будут возвращены за счет экономического эффекта от их внедрения - основных элементов сетей Smart Grid.

По данным ФСК ЕЭС РФ, построение энергосистемы с интеллектуальной сетью уменьшит потери, которые составляют примерно 13% от общей энергоснабженности [1], в электрических сетях всех классов напряжения на 25%. Это даст экономию порядка 35 млрд. кВт*ч в год энергии [2], вырабатываемой тепловыми электростанциями суммарной мощностью 7,5 ГВт, которые не надо будет строить.

По ориентировочным оценкам за счет модернизации сети можно уменьшить потребность в новых генерирующих мощностях на 22 ГВт [2] и

приблизительно на 35 млрд. долларов снизить объем капиталовложений, направив средства на развитие распределительных и магистральных сетей для увеличения их пропускной способности по новым технологиям.

В настоящее время на объектах ОАО «ФСК ЕЭС» внедрены отдельные элементы умных сетей: на ПС 400 кВ «Выборгская», ПС 50 кВ «Таврическая», «Барабинская», «Иртыш», ПС 500 кВ «Ново-Анжерская».

Литература.

1. Валерий Воротницкий, Валерий Овсейчук, Георгий Кутовой СТРАТЕГИЧЕСКИЙ ПУТЬ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СЕТЕЙ. НОВОСТИ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ, журнал 3 (93) 2015 г.
2. А. Н. Шилин, А. А. Шилин ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ ИЗВЕСТИЯ Волгоградский государственный технический университет Выпуск №3, том 8, 2011 г., (e-mail: eltech@vstu.ru).

УДК 621.311

Смирнов В.А., Смирнов Д.А., Бабурова Л.И, ст. преподаватель каф.
«Экономика предприятия»

«ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС – ОСНОВА ЭКОНОМИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ»

Впервые концепцию топливно-энергетического комплекса (ТЭК) сформулировал Г.М. Кржижановский, автор плана электрификации России: «ТЭК или энергетика — это единая, неразрывная энергетическая цепочка от добычи первичных энергетических ресурсов и до потребления топлива и энергии включительно». ТЭК – это совокупность взаимосвязанных технологических систем для получения, преобразования, распределения и использования первичных ресурсов и энергии [1].

В структурной схеме ТЭК можно выделить три основные системы:

- топливная система (ТС), включающая газовую, угольную, нефтяную, атомную отрасли, обеспечивающая добычу, переработку и транспорт топлива;
- электроэнергетическая система (ЭЭС), осуществляющая производство и перераспределение электрической и тепловой энергии;
- система потребления топлива и энергии (СПТЭ), включающая энергетику отраслей промышленности: энергетику транспорта, промышленную, коммунальную, энергетику сельского хозяйства и т.д.

Актуальность темы обусловлена тем, что ТЭК является базовой отраслью промышленности и обеспечивает энергетическую безопасность страны.

В экономике России ТЭК занимает ведущее место, т.к. является важнейшим источником формирования бюджета страны. В 2015 г. доля ТЭК в ВВП РФ составила 27%, а в экспорте - 63%, обеспечивая валютные поступления от экспорта продукции. Доля нефтегазовых доходов в федеральном бюджете составляет 43%, а доля занятых в ТЭК от общей численности занятых в стране - 3,6%.

Объемы потребления энергетических ресурсов определяются уровнем развития национальной экономики и имеют тенденцию роста.

Динамика добычи и производства основных энергоресурсов РФ [3]

Таблица 1

Добыча ресурсов	2000г.	2012г.	2013г.	2014г.	2015г.	2020г. прогноз	2035г. прогноз
Нефть млн.т	323,5	518,1	523,4	526,7	534,1	525,0	525,0
Газ, млрд. м ³	584,0	654,5	668,2	642,1	635,5	723,0	885,0
Уголь, млн.т	258,4	354,6	352,1	359,0	373,4	370,0	445,0
Эл. энергия млрд. кВтч	862,8	1054,0	1045,0	1047,4	1049,9	1065,0	1296,0

Нефть составляет 12% мировой добычи (1 место), газ – 17,7% (2 место), уголь – 4,5% (6 место), выработка электроэнергии – 4,5% (5 место). Крупнейшие месторождения нефти находятся в Ханты-Мансийском АО – Сургут, Мегийон.

Основное место добычи газа — Западная Сибирь, а крупнейшие месторождения — Уренгойское, Ямбургское, Оренбургско–Астраханское.

С 1999 г. эксплуатируется газопровод Ямал-Европа через Белоруссию и Польшу. Протяженность 2000 км, мощность – 32,9 млрд. м³ в год.

С 2002 г. – газопровод «Голубой поток» в Турцию через акваторию Черного моря. Протяженность 1213 км, мощность – 16 млрд. м³ в год.

С 2011 г. – газопровод «Северный поток» в Германию по дну Балтийского моря. Протяженность 1224 км, мощность - 55 млрд. м³ в год.

24 мая 2014 г. подписан контракт и в 2019 г. будет введен в эксплуатацию газопровод «Сила Сибири» на поставку газа из Ковыктинского и Чаяндынского месторождений Иркутской области в Хабаровск, Владивосток, Китай протяженностью 3200 км и мощностью 38 млрд.м³ в год (в перспективе 60 млрд. м³).

12 октября 2015 г. подписано соглашение о строительстве газопровода «Турецкий поток» протяженностью 1090 км, мощностью 27,5 млрд.м³ по дну Черного моря в Турцию со сдачей в эксплуатацию в 2019 г.

В настоящее время решается вопрос о строительстве газопровода «Северный поток - 2» из России в Германию по дну Балтийского моря.

Осуществление этих грандиозных проектов при удельных капиталовложениях 8 000 000 \$/км оправдано, если думать о будущих поколениях россиян и огромных территориях нашей страны. Будут создаваться новые предприятия по переработке газа. Деньги на открытие восточного коридора поставок газа будут тратиться внутри страны.

Уголь используется как топливо на тепловых электростанциях, а кокс – как сырье для металлургии. Основные районы добычи угля сосредоточены в Сибири (64%). Важнейшие угольные бассейны – Кузнецкий, Канско-Ачинский и Печорский.

Добыча урановой руды, ее переработка, производство ядерного топлива и его использование на АЭС осуществляется в соответствии с технологиями ядерно-топливного цикла предприятиями госкорпорации «Росатом», которые обеспечивают 36% мирового рынка услуг по обогащению урана и 17% рынка ядерного топлива.

Электроэнергетическая отрасль обеспечивает потребителей электроэнергией и теплом, осуществляет экспорт, импорт электроэнергии. Для бесперебойного электроснабжения функционирует ЕЭС РФ (Единая энергетическая система). ЕЭС России – высокоавтоматизированный комплекс электростанций, электрических сетей и объектов электросетевого хозяйства, объединенных единым технологическим режимом и централизованным оперативно-диспетчерским управлением. В ЕЭС России входит около 700 электростанций мощностью свыше 5 МВт и более 10 700 линий электропередач напряжением 110 – 1150 кВ. ЕЭС РФ - крупнейшее в мире синхронно работающее электроэнергетическое объединение, охватывающее с запада на восток около 7000 км и с севера на юг – более 3000 км.

В составе ЕЭС параллельно работают 6 Объединенных энергосистем (ОЭС): Центра, Средней Волги, Урала, Северо-Запада, Юга и Сибири. 7-я ОЭС Востока работает изолированно от ЕЭС России из-за удаленности.

В ноябре 2015 года с территории Украины прекратилось электроснабжение Республики Крым. После ввода в работу в декабре 2015 года КВЛ 220 кВ Тамань – Камыш-Бурун и КВЛ 220 кВ Тамань – Кафа №3 — объектов первого этапа строящегося энергомоста Кубань - Крым Крымская энергосистема была включена в параллельную работу с ЕЭС России (ОЭС Юга).

Структура установленных мощностей и выработка электроэнергии по видам генерирующих объектов в ЕЭС РФ в 2015 г. приведена в табл. 2 [3]

Таблица 2

Виды объектов	Установленная мощность, МВт (%)	Выработка электроэнергии на 1.1.2016 г., млн. кВтч (%)
ЕЭС России	235 305 (100%)	1 026 877 (100%)
ТЭС	160 233 (68,1%)	614 127 (59,8%)
ГЭС	47 855 (20,3%)	160 170 (15,6%)
АЭС	27 176 (11,5%)	194 998 (19%)
ВЭС	10,9 (0%)	6,1 (0,0006%)
СЭС	60,2 (0,03%)	7,3 (0,0007%)
Другие		57 568 (5,6%)

Особенностью отрасли является:

1) Установившийся порядок покрытия суточных нагрузок – АЭС и ТЭЦ работают в базовой области, ТЭС и высоко маневренные газотурбинные установки (ГТУ) – в полу пиковой, а ГЭС и ГАЭС – в пиковой области суточного графика нагрузки.

2) Создание оптимальных экономических условий работы для электрических станций и сетей, объединенных общим технологическим режимом с единым оперативным управлением в составе ЕЭС РФ.

Основную генерацию обеспечивают тепловые электрические станции (ТЭС) – до 60%, из них крупнейшие Сургутская ГРЭС-2 с установленной мощностью 6400 МВт, Рефтинская – 3800 МВт, Костромская – 3600 МВт, Сургутская ГРЭС-1 – 3268 МВт, Рязанская – 3130 МВт.

Десять атомных станций (34 энергоблока в эксплуатации) входят в АО «Концерн Росэнергоатом» и вырабатывают 19% электрической энергии в ЕЭС РФ. В настоящее время строится еще 9 новых энергоблоков и плавучая электростанция «Академик Ломоносов». За рубежом реализуется 30 новых проектов.

ГЭС и ГАЭС – высоко маневренные электрические станции, обеспечивают режим регулирования мощности, работают на возобновляемых ресурсах, имеют самую низкую себестоимость производства электроэнергии. Из них крупнейшие: Саяно-Шушенская с установленной мощностью 6400 МВт, Красноярская – 6000 МВт, Братская – 4515 МВт, Усть-Илимская – 3840 МВт, Богучанская – 2997 МВт, Волжская – 2650 МВт, Жигулевская – 2404 МВт.

Приоритетами энергетической стратегии РФ являются: обеспечение энергетической безопасности страны, стимулирование и поддержка инновационной деятельности, минимизация негативного влияния на окружающую среду, развитие конкуренции, диверсификация экспорта,

развитие инфраструктуры Сибири и Дальнего Востока, повышение эффективности и совершенствование государственного управления [2].

Литература.

1. Экономика и управление в энергетике: учебник для магистров под общ. ред. Н.Г. Любимовой, Е.С. Петровского. – М.: Издательство Юрайт, 2015 г. – 485 с. – Серия: Магистр.
2. Энергетическая стратегия России на период до 2030 г. (утверждена распоряжением Правительства РФ от 13 ноября 2009 г. N 1715-р).
3. Отчет «Итоги работы Минэнерго России и основные результаты функционирования ТЭК в 2015 г.» на сайте minenergo.gov.ru.

УДК 621.311

Борисенко Г.И., студент 2 курса, Гайдук С.В. ст. преподаватель каф.
«Электроэнергетических систем атомных станций»

СЕВАСТОПОЛЬСКАЯ ТЭС. ЗНАЧЕНИЕ И ПРЕДПОСЫЛКИ СТРОИТЕЛЬСТВА. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГАЗОВЫХ ТУРБИН.

Запуск энергомоста (Краснодарский край – Крым) в полную силу и строительство двух ТЭС в районе Симферополя и Севастополя говорит о том, что в ближайшем будущем мы полностью будем независимы от украинской энергетики.

Так же, цель строительства Севастопольской ТЭС — снизить нагрузку на передающие сети, что позволит повысить надёжность и сократит затраты на реконструкцию ЛЭП.

Планируется строительство двух парогазовых блоков общей мощностью 470 МВт. Режим работы электростанции предполагается базовый — 8 тысяч часов в году. Выдача электрической мощности по двухцепной ЛЭП 330 кВ.

Основной вид топлива — природный газ, аварийное топливо — дизельное.

При выборе площадки учитывалась возможность в перспективе выдачи тепла на населённые пункты.

В силовой установке планируется использовать газовые турбины мощностью 160 МВт.

В марте 2015 года были заключены соглашения на изготовление и поставку основного оборудования газотурбинных установок

Преимущества газотурбинных двигателей перед поршневыми:

- Очень высокое отношение мощности к весу, по сравнению с поршневым двигателем.
- Возможность получения большего количества пара при работе (в отличие от поршневого двигателя)
- В сочетании с паровым котлом и паровой турбиной более высокий КПД по сравнению с поршневым двигателем. Отсюда - использование их в электростанциях.
- Перемещение только в одном направлении, с намного меньшей вибрацией, в отличие от поршневого двигателя.
- Меньшее количество движущихся частей, чем у поршневого двигателя.
- Существенно меньше выбросов вредных веществ по сравнению с поршневыми двигателями
- Низкая стоимость и потребление смазочного масла.
- Низкие требования к качеству топлива. ГТД потребляют любое горючее, которое можно распылить: газ, нефтепродукты, органические вещества и пылеобразный уголь.
- Высокая маневренность и диапазон регулирования.

КПД газотурбинных двигателей Севастопольской ТЭС, за счет дополнительных паровых турбин, будет составлять около 51.5%. Это самый высокий результат в Крыму. Остальные электростанции Крыма – Камыш-Бурунская, Сакская и Симферопольская, которые работают на паротурбинных технологиях, имеют КПД 33-36%. Низкий механический и электрический КПД, по сравнению с поршневым двигателем, никак не скажется на общей мощности Севастопольской станции.

Можно сделать вывод, что строительство Севастопольской ТЭС очень своевременно. Станция способна решить, как региональную проблему-независимость крымской электроэнергетики от украинской, за счет выработки около 20% всей энергии полуострова, так и внутригородскую проблему- снижение нагрузки на передающие сети.

Список литературы:

1. <http://www.c-inform.info/news/id/40050>
2. <http://www.crimea.kp.ru/daily/26432.5/3304304/>
3. https://ru.wikipedia.org/wiki/газовая_турбина
4. https://ru.wikipedia.org/wiki/Севастопольская_ТЭС

УДК 621.31

Гунич А.Ю., Титаренко О.Н., ст. преподаватель

ЦИФРОВАЯ ПОДСТАНЦИЯ - ВАЖНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

В современной энергетике все большее значение приобретают интеллектуальные или «умные» сети, развиваются аппаратные и программные средства систем управления и одновременно с этим растет износ электрических сетей. Данные факторы подталкивают нас к тому, что требуется произвести модернизацию системы. В перспективе ключевым компонентом интеллектуальной сети будет являться цифровая подстанция.

Цифровая подстанция (ЦПС) - подстанция, оборудованная комплексом цифровых устройств (терминалов) для решения задач релейной защиты и автоматики и регистрации аварийных событий, учёта и контроля качества электроэнергии. Все оборудование общается между собой и центральным сервером объекта по последовательным каналам связи на единых протоколах. В отличие от традиционных энергообъектов, на подстанции нового поколения организация потоков информации при решении задач мониторинга, анализа и управления осуществляется в цифровой форме.

Система автоматизации энергообъекта, построенного по технологии «Цифровая подстанция», делится на три уровня:

- полевой уровень (уровень процесса);
- уровень присоединения;
- станционный уровень.

Полевой уровень состоит из:

- первичных датчиков для сбора дискретной информации и передачи команд управления на коммутационные аппараты (micro RTU);
- первичных датчиков для сбора аналоговой информации (цифровые трансформаторы тока и напряжения).

Уровень присоединения состоит из интеллектуальных электронных устройств:

- устройств управления и мониторинга (контроллеры присоединения, многофункциональные измерительные приборы, счётчики АСКУЭ, системы мониторинга трансформаторного оборудования и т.д.);
- терминалов релейной защиты и локальной противоаварийной автоматики.

Станционный уровень состоит из:

- серверов верхнего уровня (сервер базы данных, сервер SCADA, сервер

телемеханики, сервер сбора и передачи технологической информации и т.д.,
концентратор данных);

- АРМ персонала подстанции.

Из основных особенностей построения системы в первую очередь необходимо выделить новый «полевой» уровень, который включает в себя инновационные устройства первичного сбора информации: выносные УСО, цифровые измерительные трансформаторы, встроенные микропроцессорные системы диагностики силового оборудования и т.д.

К преимуществам цифровых подстанций можно отнести следующее:

Повышенная надежность и доступность: Способность глубокой самодиагностики цифровых устройств обеспечивает максимальную жизнеспособность подстанции. Любое ухудшение работоспособности фиксируются в режиме реального времени. Имеющаяся избыточность данных в системе могут быть использована для исправления неполадок, что и позволяет выполнять поиск неисправностей без необходимости каких-либо отключений системы в первичной сети.

Оптимизация работы: анализ, производимый цифровыми схемами подстанций позволяет проводить тщательный мониторинг объема данных поступающих со стационарного оборудования, относительно его проектных уровней.

Сокращение расходов на обслуживание: цифровая подстанция детально мониторит все процессы, происходящие в оборудовании.

Интеллектуальные системы анализа данных предоставляют рекомендации по техническому обслуживанию и ремонту. Это позволяет переходить на прогностическое или надежно-ориентированное обслуживание, избегая незапланированных простоев и чрезвычайных расходов на ремонт.

Улучшенные коммуникационные возможности: обмен данными между интеллектуальными устройствами, как внутри, так и между межрегиональными подстанциями, оптимизирован через Ethernet. Качественные локальные и глобальные блоки контроля позволяют производить обмен данными на подстанции, а также между подстанциями. Прямые связи между подстанциями, без необходимости транзита через центр управления, уменьшают время реагирования.

Наиболее распространены цифровые подстанции в Китае. С 2005 г. в Китае было введено в работу более 10 000 подстанций с высшим напряжением 35-1000 кВ, на которых все вторичные устройства поддерживают МЭК 61850-8-1 (GOOSE, MMS). При этом на около 100 объектах из общего числа реализована шина процесса с применением волоконно-оптических преобразователей тока и напряжения.

В настоящее время в России реализуется сразу несколько проектов цифровых подстанций, такие, как опытный полигон «Цифровая подстанция» на базе «НТЦ ФСК ЕЭС», подстанция 500 кВ «Надежда» на базе Магистральных электрических сетей Урала, а также кластер «Эльгауголь».

В городе Севастополь наиболее инновационной является закрытая подстанция «Омега». Несмотря на то, что данная подстанция была построена сравнительно недавно, цифровой она не является. На данной подстанции все цепи измерения остаются аналоговыми, а связи между устройствами выполнены обычными кабелями. Из цифрового оборудования на подстанции «Омега» имеются только микропроцессорные устройства релейной защиты.

Разработка собственного российского решения по цифровой подстанции позволит не только развивать отечественное производство и науку, но и повысить энергобезопасность нашей страны. Однако, как отмечают эксперты, пока в этом вопросе отсутствует самый важный компонент – методология проектирования в полном объеме. Необходимо решать вопрос автоматизации этого процесса, пока не подготовлены кадры. В противном случае это будет значительно тормозить процесс развития цифровых подстанций в России, что крайне нежелательно.

Литература.

1. ГОСТ Р МЭК 61850-7-3-2009. Сети и системы связи на подстанциях. Часть 7. Базовая структура связи для подстанций и линейного оборудования. Раздел 3. Классы общих данных // [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-mek-61850-7-3-2009>
2. Данилин А. Цифровая подстанция. Подходы к реализации / А. Данилин, Т. Горелик, О. Кириенко, Н. Дони // Журнал «ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ. Передача и распределение» №3. – 2012 // [Электронный ресурс]. – URL: http://eepr.ru/article/Cifrovaya_podstanciya_Podxody_k_realizacii/

УДК 620.9.001.12/.18

Джелебов В.И., студент 4 курса; Малюк Е.Г. старший преподаватель

ДИАГНОСТИКА ОПН В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Постоянно возрастающие требования потребителей к качеству электрической энергии требуют совершенствования технологий производства, передачи и распределения электрической энергии. К таким технологиям относят передачу и распределение электроэнергии с помощью активно- адаптивных сетей. В последнее десятилетие в энергетике развитых стран, при создании активно- адаптивных сетей, широко используется система непрерывного мониторинга параметров и характеристик электрооборудования распределительных устройств, позволяющая выявлять изменения этих параметров и характеристик на различных стадиях развития неисправностей, отслеживать динамику их развития и своевременно принимать меры к предупреждению аварийных ситуаций. Подобные меры позволяют эксплуатировать электрооборудование распределительных устройств по техническому состоянию. В данной работе рассматривается осуществление мониторинга ограничителей перенапряжения нелинейных в режиме реального времени. Задача мониторинга ОПН предполагает измерение тока, проходящего через нелинейные резистивные элементы при воздействии на ОПН рабочего напряжения, причем критерием оценки исправности является номинальное значение активной составляющей тока, протекающего через ОПН, которое нормируется производителем. Увеличение активной составляющей тока через нелинейные элементы свыше нормативного значения позволяет диагностировать техническое состояние ОПН и своевременно производить их замену в распределительных устройствах. В существующих методах мониторинга с помощью индуктивного датчика измеряется ток, протекающий через ОПН, который состоит из активной и реактивной составляющей кроме того, активная составляющая тока, протекающего через ОПН, состоит из тока утечки, протекающего через нелинейные элементы, и тока утечки, протекающего по поверхности корпуса ОПН, обусловленного внешними факторами (погодными условиями, загрязнением поверхности). Таким образом, на выходе индуктивного датчика мы имеем ток утечки, представляющий собой сумму токов:

$$I_y = (I_{нэ} + I_k) - jI_c$$

$I_{нэ}$ - активная составляющая тока через нелинейные элементы ОПН;

I_k - ток утечки, обусловленный загрязнениями на внешней поверхности корпуса ОПН;

I_c - емкостная составляющая тока через ОПН.

Показателем исправности ОПН является величина тока $I_{нэ}$, поскольку этот ток обусловлен током утечки нелинейных элементов. Таким образом, для диагностики состояния нелинейных элементов ОПН, необходимо исключить токи I_k и I_c из измерительной цепи, для этого предлагается использовать устройство, состоящее из корпуса ОПН, индуктивного датчика и измерительной части, представляющей собой двухканальный

усилитель и аналоговый вычислитель. Данный прибор размещается вблизи ОПН, для создания одинаковых внешних условий эксплуатации. Ток утечки рабочего ОПН подается на вход одного из каналов усилителя, ток утечки, полученный с корпуса ОПН и обусловленный паразитной емкостью и загрязнением поверхности, подается на вход другого канала усилителя, с выходов усилителя сигналы приходят на инвертирующий и неинвертирующий входы операционного усилителя, реализующего функцию вычитания. Таким образом, на выходе получаем сигнал, пропорциональный току утечки через нелинейные элементы ОПН. Этот сигнал позволяет оценивать ОПН без учета влияния внешних факторов.

Предлагаемый способ мониторинга технического состояния ОПН позволяет с достаточно высокой достоверностью оценивать техническое состояние ОПН, отслеживать изменение тока утечки через ОПН в динамике, планировать ремонтные работы на оборудовании ОРУ руководствуясь техническим состоянием элементов. Относительно не- высокая стоимость доработки существующих систем мониторинга ОПН, например «ОПН-монитор», позволяет повысить их эффективность и использовать в системах мониторинг технического состояния высоковольтных распределительных систем и сетей.

Литература.

1.Техника высоких напряжений: Ю.Н. Бочаров, С.М. Дудкин, В.В. Титков.-М.: Издательство Юрайт, 2017.- 264с.

УДК 621.313.322

Гарин Д.А., Крастелёв О.М. ст. преподаватель

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АСИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ 1-ОЙ КАТЕГОРИИ ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Анализ научной и технической литературы показал, что в настоящее время электромеханические генераторы (ЭМГ) являются наиболее универсальными источниками электроэнергии как переменного, так и постоянного тока с широким диапазоном мощностей и напряжений, автономная электроэнергетика предъявляет ряд специфических требований к генераторам источников электроэнергии, основными из которых являются:

1) высокая стабильность и точность поддержания параметров электроэнергии (амплитуды, частоты и формы генерируемого напряжения) в условиях действия таких дестабилизирующих факторов, как переменная частота вращения турбины АД, изменяющаяся величина и характер нагрузки, параллельная работа с другими источниками;

2) минимальная масса и габариты при растущей потребности увеличения установленной (расчетной) мощности;

3) высокая надежность работы и КПД;

4) минимальная стоимость и низкие эксплуатационные расходы.

Перспективными источниками электроэнергии для автономных систем электроснабжения являются бесконтактные электрические машины асинхронные генераторы.

При хорошем качестве напряжения станции СБЭП автоматически синхронизируется с ДГС и бесперебойно передает ей ответственных потребителей. Момент синхронного перехода потребителей со СБЭП на ДГС (как и запуск ДГС) может происходить и по сигналу встроенного в СБЭП микроконтроллера после определённой выработки емкости, которая может длиться часами. Таким образом, можно минимизировать число запусков и остановок ДГС, что продлевает срок службы станции.

В качестве источника электрической энергии в ДГС используется синхронный генератор. При этом предполагается использование контуров регулирования по выходному напряжению и частоте, следовательно, речь идет о постоянном времени этих контуров. В свою очередь, у СБЭП также присутствуют главная обратная связь по выходному напряжению и система фазной автоподстройки частоты. Переключение СБЭП на ДГС аналогичной мощности приводит к переходным процессам, в частности к провалу напряжения синхронного генератора, может быть воспринято датчиками напряжения СБЭП на выход внешней сети за пределы нормы.

Следующая особенность взаимодействия СБЭП и ДГС вытекает из особенностей работы синхронного генератора на различные виды нагрузки. Если генератор работает на активно-реактивную нагрузку, то, кроме падения напряжения на его внутреннем сопротивлении, возникает еще и так называемая размагничивающая реакция якоря, приводящая к еще большему падению напряжения. При работе на активно-емкостную (или чисто ёмкостную) нагрузку возникает намагничивающая реакция якоря, приводящая к повышению напряжения на выходе генератора. При этом работа на емкостную нагрузку является нежелательной или даже недопустимой.

Дополнительной особенностью, осложняющей работу ДГС, является несинусоидальный характер потребляемого тока ввиду нелинейной нагрузки, например выпрямительного типа. В завершение отметим тот

известный фактор, что для ДГС нежелательна работа как на холостом ходу, так и на максимальной нагрузке. Для большинства современных ДГС нагрузка должна быть не менее 25-40% от номинальной только в течение ограниченного времени (обычно 1-2 часа, а в ряд случаев 15-30 мин). После работы в этом режиме требуется прожиг, проводимый на нагрузке порядка 70-80% от номинальной.

Вышеуказанные особенности требуют тщательного изучения характеристик ДГС и СБЭП, если речь идет об их совместной работе. Строго говоря, вопрос взаимодействия СБЭП, ДГС и промышленной сети до сих пор «научно открыт».

Одним из основных направлений повышения надежности автономных систем электроснабжения является переход от синхронных генераторов к асинхронным, не требующим стабилизации частоты вращения ротора, что позволит исключить сложные схемы синхронизации с внешней сетью;

Бесконтактные электрические машины (БЭМ) в перспективе составляют основу развития автономной электроэнергетики в диапазоне мощностей от десятков ватт до сотен киловатт. К таким электрическим машинам асинхронные генераторы с конденсаторным возбуждением (АГ).

Принципы и технические решения регуляторов напряжения АГ стабилизация напряжения осуществляется за счет регулирования реактивной мощности, поступающей в АГ от конденсаторов. Изменение реактивной мощности конденсаторов осуществляется за счет изменения реактивного тока, протекающего через конденсаторы, пропорционально изменению напряжения.

Величина реактивного тока изменяется изменением времени открытого состояния силовых полупроводниковых ключей, которые к конденсаторам подключаются последовательно или параллельно. Широкий диапазон требований потребителей электроэнергии обуславливает многообразие вариантов структурных схем автономного электроснабжения (САЭ). Практический интерес представляют структурно-схемное решение автономной системы электроснабжения (АИЭ) которые выполнены на базе высокоскоростных первичных двигателей (ПД) и АГ с емкостным возбуждением (рис.1.1). В схеме рисунка 1.1 применяются аккумуляторные батареи (АБ) предназначенные для обеспечения бесперебойного электроснабжения ответственных потребителей.

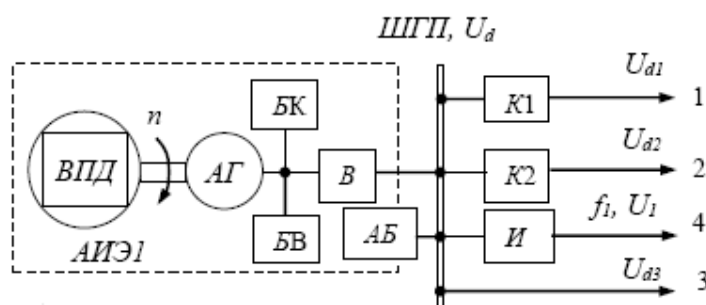


Рисунок 1.1 Структурная схема САЭ на базе АГ

Кроме того, на рисунке 1.1 обозначено: АИЭ – автономные источники электроэнергии; ВПД – высокоскоростной приводной двигатель; АГ – асинхронный генератор; БВ и БК – блоки конденсаторов возбуждения и компенсации реактивной мощности нагрузки соответственно; ШГП – шина гарантированного питания; К – конверторы; И – инвертор; НПЧ – непосредственный преобразователь частоты; В – выпрямители; 1...4 – выходы для подключения нагрузки.

В схеме рисунка 1.1, АИЭ является источником напряжения постоянного тока. Здесь функции стабилизации напряжения выполняет трехфазная схема управляемого выпрямителя В. Применяемые в САЭ конверторы с промежуточным высокочастотным преобразованием К1 и К2 имеют хорошие показатели удельной массы и качества выходного напряжения. Целесообразность применения рассмотренной схемы, с точки зрения основных критериев ее эффективности (КПД, МГП), будет в том случае когда потребляемая энергия постоянного тока будет составлять 70% и более от установленной мощности САЭ.

АИЭ является источником напряжения переменного тока промышленной частоты. В схеме АИЭ отсутствует блок конденсаторов, обеспечивающий компенсацию реактивной мощности нагрузки, так как непосредственный преобразователь частоты (НПЧ) выполняет функции, как стабилизации напряжения так и частоты.

Определяющим фактором являются критерии эффективности САЭ в целом определяемые требованиями потребителей и прежде всего к качеству электроэнергии, непрерывности электроснабжения и мощности потребляемой электроэнергии на постоянном и переменном токе.

Современные системы регулирования напряжения АГ обеспечивают стабильное значение выходного напряжения даже при значительных изменениях частоты вращения приводного двигателя (1:2). Кроме того, АГ имеют следующие преимущества в сравнении с СГ:

- а) При КЗ в цепи нагрузки происходит развозбуждение АГ, что не требует установки дополнительной защиты генератора.
- б) При работе АГ на несимметричную нагрузку, короткозамкнутая стержневая система магнитосимметричного ротора, выполняет роль полной

демпферной обмотки, вследствие чего качество электроэнергии вырабатываемой АГ обеспечивается на достаточно высоком уровне и в несимметричных режимах нагрузки.

в) Включение на параллельную работу СГ сложная и ответственная операция, требуются при одинаковом порядке чередования фаз, равенство напряжений на зажимах генераторов и частоты вырабатываемого тока. Если разность вращения валов приводных двигателей достаточно велика, то даже при наличии большого синхронизирующего момента вращающийся ротор может не втянуться в синхронизм в первом после включения цикле качаний без проворота.

В тоже время включение АГ на параллельную работу (рис.1.2), такой же мощности, носит устойчивый характер, не требует сложной дополнительной аппаратуры, а синхронизация генераторов сводится только к выравниванию их частот и напряжений. Даже при значительных рассогласованиях частот вращения роторов генераторов в системе устанавливается частота тока, равная среднему значению частот токов генераторов включенных на параллельную работу. При этом, конденсаторы возбуждения играют роль фильтров и способствуют исчезновению биений напряжений и длительных переходных процессов после включения на параллельную работу.

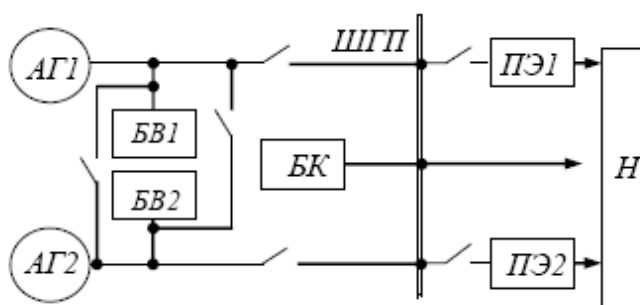


Рисунок 1.2 Структурные схемы включения АГ на параллельную работу:

АГ – асинхронные генераторы; БВ – блоки конденсаторов обеспечивающих самовозбуждение генераторов; БК – блоки конденсаторов обеспечивающих компенсацию реактивной мощности нагрузки; ПЭ – преобразователи электроэнергии; ШГП – шина гарантированного питания; Н – нагрузка

Таким образом, широкие перспективы раскрываются перед бесконтактными асинхронными генераторами электроэнергии переменного тока, обладающих повышенной надежностью, высокими динамическими качествами, малыми массами и габаритными размерами за счет повышенных механических, электромагнитных и тепловых нагрузок, возможностью работать в нестандартных окружающих условиях. Поэтому их значимость в электроэнергетике быстро возрастает. Существенно улучшить характеристики рассмотренных генераторов можно за счет применения систем интенсивного охлаждения, новых материалов (на

основе редкоземельных материалов, высокопрочных сплавов, сверхпроводников, бесконтактных опор в виде магнитных и газовых подшипников.

Литература.

1. Гарганеев А.Г. Системы аварийного электроснабжения ответственных потребителей переменного тока : учебное пособие / А.Г. Гарганеев; Томск: Изд-во Томского политехнического ун-та, 2010. – 190 с.
2. Григоращ О.В. Автономные источники электроэнергии: состояние и перспективы: монография / Григоращ О.В., Божко С.В., Попов А.Ю., Алмазов В.В., Квитко А.В. – Краснодар. 2012. – 174 с.

УДК 621.31

Кичак Я.О.; Гайдук С. В., ст. преподаватель

SMART GRID ИЛИ УМНЫЕ СЕТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

По данным ООН к 2050 году численность населения Земли вырастет, на 2,5 млрд человек и приблизится к отметке в 10 млрд. Поэтому уже сейчас предприятия и государственные органы внедряют технологические решения, которые позволяют эффективно использовать различные ресурсы [1]. Это касается и электрогенерации, где применение цифровых технологий позволит существенно сократить потери в сетях. Сеть энергоснабжения, в которой передача электроэнергии происходит с использованием цифровых технологий, называют – «умной сетью». Термин Smart Grid («умная сеть») впервые упоминается в 2003 году в работе Майкла Берра (Michael T. Burr).

Умные сети способны самостоятельно отслеживать потребление энергоресурсов, в автоматическом режиме распределять энергопотоки, чтобы избежать пиковых нагрузок и скачков напряжения. Сердцем умной сети по праву можно считать цифровые подстанции (ЦПС). ЦПС, в отличие от традиционных подстанций, оснащены информационно-технологическими и управляющими системами. Таким образом осуществляется взаимодействие (обмен данными) между ЦПС и другими сетевыми объектами. ЦПС, как правило, включают в себя гибридный набор технологий: АСУ ТП, АСКУЭ (Smart Metering), автоматизированные измерительные системы контроля за технологическими параметрами подстанции и т.д. В итоге аналоговые сигналы оборудования сети преобразуются в цифровые, что трансформирует сеть в «умную». Для передачи данных используются оптоволоконные кабели, что позволяет на порядок сократить использование обычных кабелей для трансформаторной подстанции.

На сегодняшний день в России износ сетевого комплекса достигает 70%, а потери электроэнергии в некоторых регионах могут составлять до 40%. Поэтому премьер-министр России Дмитрий Медведев поручил создавать в энергетической отрасли умные электрические энергосети. Отечественные эксперты оценивают рынок умных сетей в \$800 млрд до 2035 года. Проекты по интеллектуальным сетям (EnergyNet) включены в Национальную технологическую инициативу.

Термин Smart Grid до сих пор не имеет в России четкого определения. Однако в нормативных документах России можно встретить определение «интеллектуальная электроэнергетическая система» (ИЭС). В целом, Smart Grid и ИЭС имеет следующие атрибуты: интегрированное использование энергосистемами цифровой технологии. Так, электроэнергетические компании имеют цифровую прослойку, которая является центром умной сети

В Калининграде была создана система распределённой автоматизации аварийных режимов и автоматизации центров питания. В существующую сеть были интегрированы «умные» устройства, которые позволяют без участия оперативного персонала автоматически идентифицировать повреждение в сети и выделять повреждённый участок, сохраняя электроснабжение основной массы потребителей.

По данным руководства ПАО «Янтарьэнерго», нововведения положительно сказались на надёжности электроснабжения в районах[2]. Так, например, сейчас при аварийном повреждении воздушных линий электропередачи 15 кВ отключается всего 6—8 трансформаторных подстанций, хотя до внедрения технологии их число достигало 20—30. Значительно уменьшилось и время локализации и ликвидации технологических нарушений — до 10—15 минут. Аварийность снизилась на 73%, а потери в сетях — на 54%.

Таким образом, «умные сети» имеют следующие преимущества:

1. Объединение энергосистемы с системами коммуникаций создало бы «динамическую, интерактивную энергосистему», которая поддержит обмен информацией в режиме реального времени».
2. Расширенные измерения: замена старой системы учета на систему учета в режиме реального времени
3. Распределенные ресурсы: внедрение распределенной генерации позволит повысить надёжность и производительность системы.

Эффективность использования энергии конечными устройствами потребителей: технологические достижения повысят эффективность конечного использования электроэнергии обеспечат более гибкое управление устройствами.

Литература.

1. Моисеев В. От аналога к цифре или как работают умные сети // Новости Интернета Вещей. - 2016 [Электронный ресурс].
URL: <https://iot.ru/energetika/ot-analoga-k-tsifre-ili-kak-rabotayut-umnye-seti> (дата обращения : 20.03.17).
2. Реализация первого этапа автоматизации "Smart grid" в Янтарьэнерго. - 2016 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.smart-grid.ru/ru/> (дата обращения : 16.03.17).

УДК 621.31

Р.В. Гришин, студент 4-ого курса; В.В. Смирнов, ст. преподаватель

МИКРОГРИД – НОВЫЙ ЭТАП РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Проблема развития малой распределённой энергетики, или микрогрид, в последние несколько лет получила особую актуальность. Связано это во многом с тем, что мировое энергетическое сообщество всё чаще возвращается к вопросам развития так называемой «зеленой энергетики» — генерации энергии за счёт возобновляемых источников, а этот вид генерации, естественно, приводит к концепции распределённой энергетики. И если 5 лет назад «распределённой» для нас были маломощные дизельные станции, то сегодня это ветровые генераторы и солнечные панели.

Вопрос модернизации сектора коммунальной энергетики и энергоснабжения отдалённых территорий поднимается ежегодно и всё больше требует срочного решения.

Идея интеллектуальных электрических сетей предполагает объединение на технологическом уровне электрических сетей, потребителей и производителей электроэнергии, в том числе объектов распределённой генерации (РГ), в единую автоматизированную систему, позволяющую в реальном времени отслеживать и контролировать все режимы работы. Реализация идеологии ИЭС направлена на достижение качественно нового уровня эффективности ее функционирования и развития, а также на повышение системной надежности и пропускной способности, повышение качества и надежности электроснабжения потребителей. Одним из направлений развития ИЭС может стать радикально новая концепция MicroGrid. Система MicroGrid чаще всего включает в себя источники распределённой генерации, накопители энергии и локальных потребителей. Важным свойством MicroGrid можно назвать то, что, несмотря на функционирование в рамках распределительной системы, они могут

автоматически переходить в изолированный режим работы в случае аварий в сети и восстанавливать синхронную работу с сетью после устранения аварии с поддержанием требуемого качества электрической энергии. Будучи автономными или подключенными к национальной энергетической сети, объекты РГ расположены в непосредственной близости от потребителей (небольших городов, деревень, заводов) и производить электроэнергию «на месте», существенно снижая потери при передаче по линиям и повышая, таким образом, КПД. Электрическая энергия, производимая объектами РГ, будет непосредственно зависеть от спроса локальных потребителей, которые в свою очередь будут иметь возможность корректировать поставки энергии в соответствии со своими потребностями, что ведет к повышению их роли в управлении энергосистемой. Стоит отметить, что потребителя в видении ИЭС можно охарактеризовать как «активный потребитель», то есть активный участник в регулировании нагрузки, которому предоставлена возможность самостоятельно изменять объем и функциональные свойства (уровень надежности, качество и т.п.) получаемой электроэнергии на основании баланса, своих потребностей и возможностей энергосистемы, используя информацию о характеристиках цен, объемов поставок электроэнергии, надежности, качестве и др. Роль MicroGrid могут играть жилмассивы или удаленные районы с возможностью установки локальных источников малой генерации и накопителей энергии. Застройка новых районов требует значительных энергоресурсов, которые не всегда могут быть получены от единой системы электроснабжения (вследствие загрузки сети, ограничений перетоков мощности по ЛЭП и силовым трансформаторам). Соответственно, все чаще на первый план выступает вопрос о необходимости использования автономных источников электроснабжения, который, в свою очередь, может стать элементом MicroGrid.

Преимущества сети Microgrid

- Простота интеграции возобновляемых источников энергии
- Самовосстанавливаемая система энергообеспечения
- Бесперебойная подача электричества
- Низкая стоимость развертывания сети
- Повышение эффективности энергосети за счет системы возвращения пользователями энергии в сеть (Feed-in-Tariff)

MicroGrid – концепция малой распределенной энергетики, которая предполагает переход от централизованной системы к использованию разнообразных типов источников энергии, наиболее подходящих к данным природным условиям и особенностям конкретных потребителей (ГПУ, ГТУ, ВЭС, мини – ТЭЦ и т.д.). Объекты РГ – это новые элементы электроэнергетической системы, с новыми динамическими характеристиками и возможностями управления, которые требуют исследований и глубокого анализа в каждом конкретном случае. Средства

управления объектами РГ должны быть выбраны на этапе проектирования системы противо-аварийного управления и соответствовать некоторым требованиям для обеспечения нормальных режимов работы сети. На первых этапах создания систем ИЭС и присоединения MicroGrid к единой энергосистеме, не обязательно в корне пересматривать и отстраивать релейную защиту и автоматику. Ведь сама по себе задумка автономного питания жилмассивов и удаленных районов подразумевает самодостаточность, следовательно, практически нулевой поток мощности от внешней сети. Считаем, что в начале развития системы будет достаточно установки необходимого оборудования для мониторинга, фиксации и ограничения необходимого максимального перетока мощности к/от MicroGrid в систему единого электроснабжения. В режимах аварийных возмущений можно отключить MicroGrid на изолированную работу. А в некоторых ситуациях MicroGrid может даже выступать в виде управляющего воздействия (отключение генераторов (ОГ) или отключение нагрузки (ОН) в зависимости от режима выдачи/потребления мощности).

Литература.

1. Основные положения концепции интеллектуальной энергосистемы с активно-адаптивной сетью. – URL: <http://www.fsk-ees.ru> (дата обращения: 10.01.2015).
2. Интеллектуальная энергетическая система России: проект реализации технологической платформы // Российское энергетическое агентство. – М., 2010. – 169 с.
3. Кобец Б. Б., Волкова И. О. Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции Smart Grid.

УДК 621.311

Наумичева Ю.О., Смирнов В.В., ст. преподаватель

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ, АВТОМАТИКИ, КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПУТЕМ МОДЕРЦИИ ПОДСТАНЦИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ УСТРОЙСТВА «СИРИУС-2-РН»

Введение

Электроэнергия такой вид энергии, который нельзя складировать. В связи с этой особенностью встает главный вопрос покрытия пиковых нагрузок с соблюдением качества электроэнергии и поддержанием уровня

напряжения. Один из способов решением этого вопроса является использование на подстанциях трансформаторов с РПН.

РПН позволяют регулировать число витков на первичной обмотке трансформатора, для изменения коэффициента трансформации и поддержание допустимого уровня напряжения у потребителей.

Устройство РПН управляется с помощью внешнего устройства автоматики. Именно благодаря автоматике не требуется ручное управление, она сама следит за изменениями напряжения и при необходимости меняет коэффициент трансформации.

В настоящее время на большинстве ПС установлены устройства блоки автоматического регулирования (БАР).



Рис. 1 - Внешний вид блока автоматического регулирования напряжения трансформатора (БАР).

Блок автоматического регулирования напряжения (БАРН) предназначен для регулирования напряжения электрических сетей, с любым способом заземления нейтрали, трехфазного переменного тока частотой 50 ГЦ. Характеристики «БАР» позволяют использовать его в различных вариантах установки: на подстанциях, распределительных пунктах, в расщелке линии электропередач в критических точках падения напряжения.

«БАР» выполняют основные функции:

- - автоматического повышения или понижения уровня напряжения на линии электропередачи в критических точках падения или подъема напряжения;
- - автоматического поддержания уровня напряжения в заданных пределах при прямом или обратном направлении потока мощности (реверсивный режим).

Принцип действия

Регулирование напряжения осуществляется путем геометрического сложения напряжения общей и последовательной обмоток. Во всех режимах работы автотрансформатора электромагнитная взаимосвязь между двумя обмотками сохраняется. Понижение или повышение выходного напряжения относительно входного осуществляется благодаря изменениям полярности последовательной обмотки. Для режима с понижением выходного напряжения полярность на обеих обмотках совпадает. В режиме повышения выходного напряжения происходит смена полярности на последовательной обмотке. Смена полярности напряжения на последовательной обмотке производится реверсивным переключателем.

В процессе работы ШУ производит измерение напряжения со стороны нагрузки и сравнивает его с заданным напряжением. Если фактическое напряжение отличается от заданного, ШУ подает команду на электропривод, который перемещает переключатель на соответствующую ступень для повышения (или понижения) напряжения.

Принципиальная электрическая схема.

- S – высоковольтный ввод со стороны источника;
- L – высоковольтный ввод со стороны нагрузки;
- SL – высоковольтный ввод общей точки.

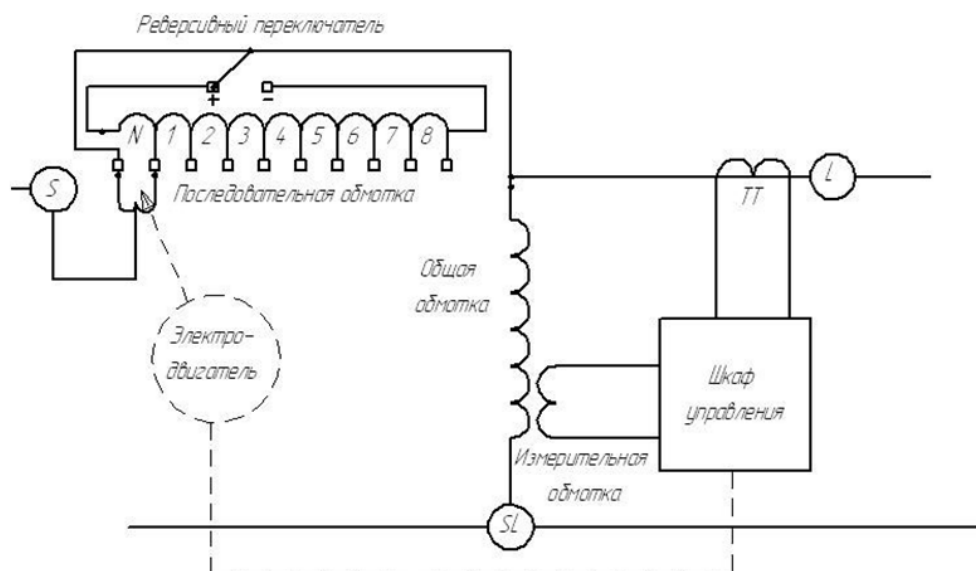


Рис.2 - Принципиальная электрическая схема.

Недостатком используемого на данный момент оборудования БАР:

- постоянный и ограниченный набор функциональных модулей, не позволяющий гибко перестраивать и наращивать количество контролируемых и управляемых параметров;

- усложненность конструктивной базы, определяющей соответствующую технологичность, недостаточную надежность и высокую стоимость;
- отсутствие запасных деталей;
- морально физическое старение;
- частая дача ложных команд;
- отсутствие входных цепей схемы разомкнутого треугольника.

В связи с этими недостатками предлагается заменять «БАР» на «Сириус-2-РН».



Рис. 3 - Внешний вид Сириус-2-РН

Устройство регулирования напряжения трансформатора «Сириус-2-РН» предназначено для управления электроприводами РПН при автоматическом регулировании коэффициента трансформации силовых трансформаторов.

Устройство предназначено для установки на панелях и в шкафах в релейных залах и пультах управления электростанций и подстанций 3-500 кВ.

Устройство предназначено для применения на подстанциях с плавно или резко изменяющейся нагрузкой.

«Сириус» обеспечивает:

- автоматическое поддержание напряжения в заданных пределах;
- коррекцию уровня регулируемого напряжения по току нагрузки;
- формирование импульсных или непрерывных команд управления электроприводами РПН;
- контроль неисправности электроприводов РПН в импульсном режиме работы;
- одновременный контроль двух систем шин;
- оперативное переключение регулирования с одной системы шин на другую;

- блокировка работы и сигнализацию при обнаружении неисправности электропривода РПН;
- блокировка регулирования внешними релейными сигналами;
- блокировка регулирования при обнаружения перегрузки, превышении $3 U_0$ (или U_2) или при пониженном измеряемом напряжении;
- оперативное изменение уставки по напряжению поддержания с одного, заранее выбранного значения на другое;
- измерение текущей ступени переключения РПН;
- регулирование коэффициента передачи силового трансформатора путем переключения отводов его первичной обмотки с помощью РПН;
- обеспечение необходимых блокировок, запрещающих регулирование;
- контроль отработки команд устройством РПН.

В зависимости от исполнения электрическое питание «Сириус» осуществляется от источника постоянного, переменного (частотой от 45 Гц до 55 Гц) или выпрямленного тока напряжением от 178 В до 242 В, или от источника постоянного тока напряжением от 88 В до 132 В. «БАР» в свою очередь работает на напряжение- 6/10 кВ с частотой 50 Гц

Заключения

1. Улучшенная база устройства «Сириус-2-РН», увеличивает его функциональность.
2. Увеличение срока службы с 6 лет («БАР»), до 25 лет («Сириус»).
3. Снижение потребляемой мощности с 30 ВА («БАР»), до 15 ВА («Сириус»).
4. Уменьшение габаритов и массы.

Литература.

1. <http://zapadpribor.com/bar/>
2. <http://jais.ru/product/sirius-2-rn/>

УДК 621.311

А.А. Панасенко, Н.Н. Смокталь, преподаватель

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В СЕТЯХ 35/10 КВ С ПРИМЕНЕНИЕМ СИСТЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ MATLAB/SIMULINK

На основе принципиальной электрической схемы подстанции 35/10 кВ была составлена схема первичной коммутации, а также составлена

расчетная схема для определения токов короткого замыкания, которая приведена на рисунке 1.

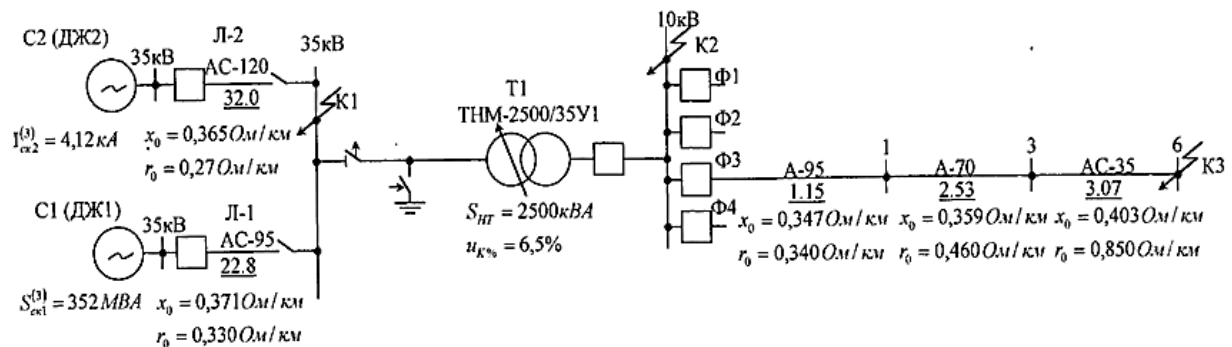


Рис. 1 - Расчетная схема электроснабжения района (одна линия 10 кВ)

Выходные данные (мощность и токи кз систем С1 и С2, длина участков, марки и сечения проводов, контрольные точки кз и другое) указаны на расчетной схеме.

Расчет токов кз в точке К1 проводится для выбора аппаратуры на стороне высшего напряжения (максимальный режим), в точке К2 – для выбора аппаратуры на стороне низкого напряжения 10 кВ подстанции и проверки чувствительности схем релейной защиты, которые установлены на стороне высшего напряжения (максимальный и минимальный режимы), в точке К3 – для проверки защиты отходных линий 10 кВ (минимальный режим).

На основе расчетной схемы была составлена схема замещения (рисунок 2).

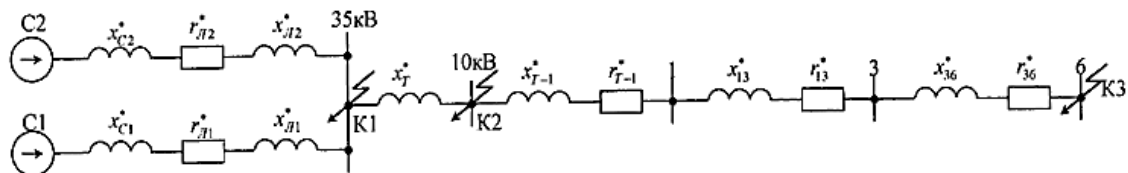


Рис. 2 - Схема замещения электроснабжения района

Далее был проведен расчет токов короткого замыкания аналитическим способом.

Программа SimPowerSystems содержит набор блоков для построения виртуальных моделей электрических цепей. Используя библиотеки Simulink и SimPowerSystems с применением функций и команд MATLAB, пользователь может не только имитировать работу устройств во временной области, но и изучать их частотные свойства, оценивать динамические параметры и осуществлять гармонический анализ токов и напряжений.

При помощи библиотеки SimPowerSystems была составлена расчетная модель расчета токов кз, путем замещения реальных элементов их

эквивалентными элементами (трансформатор, линии, автоматические выключатели и др.).

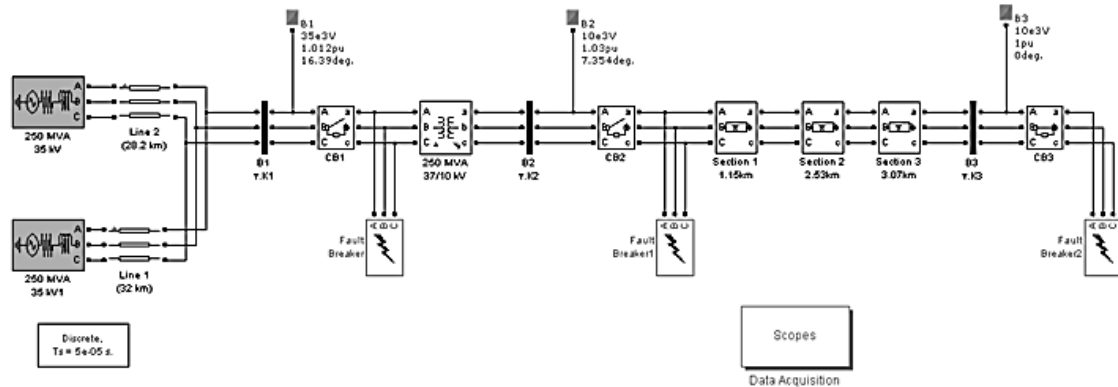


Рис. 3 - Расчетная модель расчета коротких замыканий в системе Simulink/Matlab

Были сняты осциллограммы в точке К1 (на шинах 35 кВ), при коротком замыкании в конце распределительной сети (точка К3), рис. 4:

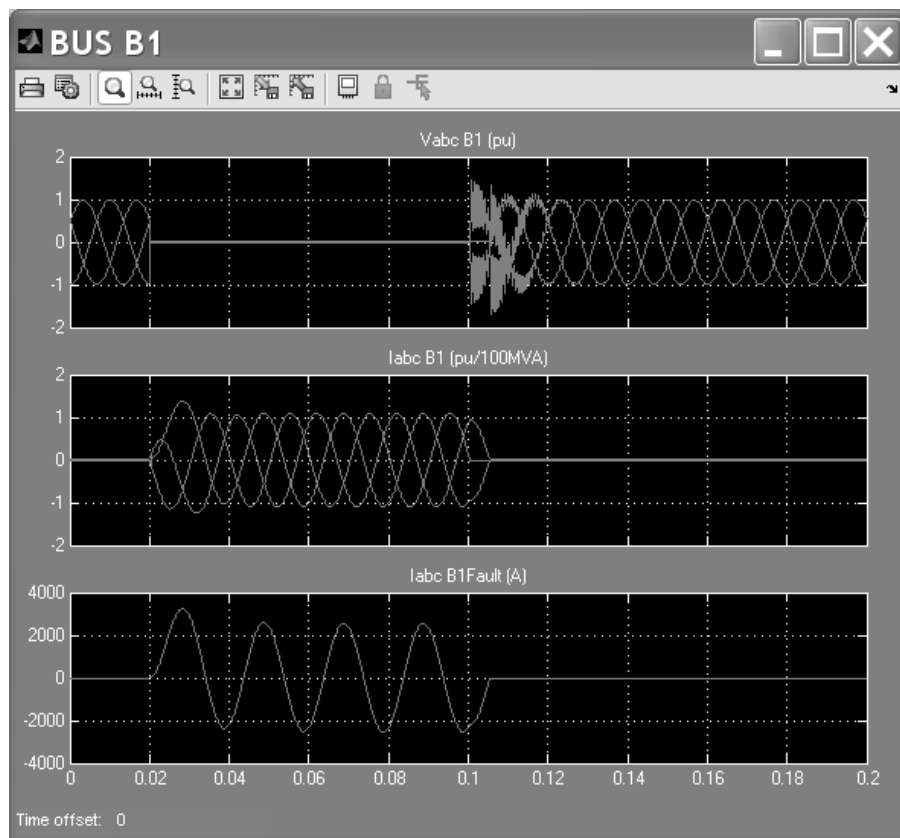


Рис. 4 - Параметры напряжений и токов на шинах 35 кВ при коротком замыкании в точке К3

Путем сравнения снятых осциллограмм в модели Simulink с аналитическими данными расчета, можно сделать вывод: применение систем моделирования типа Matlab/Simulink существенно облегчает расчет коротких замыканий в сетях 35/10 кВ, давая помимо численных значений токов и напряжений графическую картину происходящих при коротких замыканиях в линии процессов.

Литература.

1. «Методы расчета электродинамического и термического действия тока короткого замыкания». Москва, Стандартинформ, 2007.
2. "Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования", РД 153-34.0-20.527-98
3. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink. 1-е изд., 2007 год, 288 стр.

УДК 631.31

Черноног А.Д., Куликова Н.А. ст. преподаватель

ВНЕДРЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ЗАЩИТ ОТ ВИБРАЦИИ ПРОВОДОВ И ТРОСОВ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Данная тема актуальна для Республики Крым и г. Севастополя

Современные требования безаварийной эксплуатации воздушных линий электропередач (ЛЭП) и кабелей связи выдвигают на первый план проблему обеспечения устойчивой работы в любых механических и атмосферно-климатических режимах. С точки зрения обеспечения механической прочности и надежной работы линии и кабелей связи как на стадии проектирования, так и при эксплуатации необходимо иметь исчерпывающую информацию обо всех статических и динамических видах воздействия на провода и кабели связи. Одной из основных причин, приводящих к выходу из строя таких линий, являются вибрационные колебания.

Под вибрацией понимают поперечные колебания с частотами 6 - 80 Гц и амплитудами не более одного - двух диаметров провода. Вибрации проводов ВЛ появляются при ламинарном потоке ветра скоростью от 1 до 7 м/с и приводят к циклическим механическим напряжениям провода вследствие его периодических перегибов, что ведет к усталости материала провода и со временем к полному его разрушению. Наиболее часто повреждение провода происходит в местах его закрепления в зажимах.

Реализация эффективной защиты от вибраций значительной мере влияет на продолжение срока службы и эксплуатационную надежность ВЛ. При этом наиболее эффективным решением проблемы гашения колебаний проводов является применение демпфирующих внутрифазных распорок. Наилучшим способом защиты от вибрации ВЛ с одиночными проводами и тросами является применение многочастотных гасителей Стокбриджа.

Компания Dervaux предоставляет эффективное решение этой проблемы за счет применения современных многочастотных гасителей вибраций Стокбриджа и демпфирующих распорок нового поколения. Установка демпфирующих распорок Dervaux приводит к непрерывному перераспределению колебаний проводов вдоль пролета ВЛ, что вовлекает другие распорки в процесс демпфирования и способствует рассеиванию колебаний, их гашению в других демпфирующих распорках и многочастотных гасителях вибрации. Таким образом, применение демпфирующих распорок и гасителей вибрации увеличивает эффективность гашения вибрации и колебаний на ВЛ, а также служит средством предупреждения появления пляски проводов.

Многочастотные гасители вибрации применяются для защиты проводов ВЛ в местах их закрепления в зажимах от механических повреждений, вызываемых вибрацией. Гасители Dervaux в отличие от традиционных имеют четыре резонансные частоты, что обеспечивает:

- ✓ Сопротивление к проскальзыванию провода в зажиме гасителя более 2,5 кН.
- ✓ Зажим из алюминиевого сплава имеет ограничение затягивающего усилия, что защищает провод от повреждений.
- ✓ Болты (сталь горячего оцинкования) оснащены пружинной шайбой, что гарантирует требуемую прочность заделки провода в зажиме гасителя.
- ✓ Несущий трос гасителя выполнен из рессорной стали и имеет антикоррозионное покрытие (Galfan – ASTM A855), которое в 2-3 раза эффективнее традиционного цинкового покрытия.

С целью повышения эффективности гашения вибраций на высоковольтных ВЛ компанией Dervaux разработан новый тип распорок, обладающих демпфирующими свойствами. Распорки такого типа имеют количество лучей по числу проводов расщепленной фазы ВЛ и обеспечивают сохранение требуемого расстояния между проводами в фазе, осуществляют гашение вибрации и различных видов колебаний, предупреждают возникновение пляски проводов. Особенностью конструкции таких распорок является то, что лучи демпфирующей распорки шарнирно соединены с корпусом через демпферный узел (эластомерный вкладыш), что обеспечивает подвижность конструкции распорки и эластичность движения ее лучей относительно корпуса распорки. Это свойство позволяет распорке реагировать на колебания и движения

проводов во всех плоскостях, а также на крутильные колебания без повреждения проводов или распорок.

Литература.

1. *Коноплев К.Г.* Специальные вопросы проектирования и эксплуатации электрических сетей. Сборник заданий и методических указаний. - Севастополь: СНИЯЭиП, 2004.-200 с., ил.

2. *Виноградов А. А.* Современные подходы к гашению пляски проводов воздушных ЛЭП с одиночными и расщепленными фазами. Типы гасителей пляски, их сравнительная эффективность и эксплуатационная надежность.// Энергоинфо (www.energoinfo.ru)

3. *Афанасьева О.Е.* Динамика и средства защиты от вибрации проводов линий электропередачи и самонесущих кабелей связи (<http://fizmathim.com/dinamika-i-sredstva-zaschity-ot-vibratsii-provodov-liniy-elektroperedachi-i-samonesuschih-kabeley-svyazi>)

УДК 537.3

Мазохин Р.С., Старченко М., студенты 2-го курса; Моряков В.Е, доцент кафедры электроэнергетические системы атомных станций

СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

В 1911 году голландский физик Г.Каммерлинг-Оннес открыл явление сверхпроводимости, обнаружив, что при температуре жидкого гелия (4,2К) ртуть переходит в особое (сверхпроводящее) состояние, характеризующееся полным отсутствием сопротивления электрическому току.

Сверхпроводящие материалы подразделяют на две группы: сверхпроводники первого и второго рода. В сверхпроводниках первого рода – чистых металлах – ток протекает в очень тонком поверхностном слое, и с увеличением диаметра проводника средняя плотность тока, отнесенная ко всему практически не работающему сечению, уменьшается. Установлено, что 26 таких металлов при критической температуре T_K , близкой к абсолютному нулю, становятся идеальными сверхпроводниками ($\rho = 0$) и идеальными диамагнетиками ($\mu = 0$). Однако при относительно малых магнитных полях (менее 0,2 Тл) свойства сверхпроводимости у них исчезают. Среди чистых металлов наибольшую T_K имеет ниобий (9,3 К), наименьшую — ванадий (0,01 К). Сверхпроводники первого рода сложно только используются в устройстве со слабым магнитным полем и низкой плотностью тока. В электроэнергетике и в системах с высокими

магнитными полями, где от сверхпроводимости следует ожидать наибольшей выгоды, такие материалы непригодны.

К сверхпроводникам второго рода относят некоторые сплавы. В настоящее время электропромышленность выпускает четыре сверхпроводниковых изделия (провода, кабели, шины, ленты) из сплавов ниобий — цирконий, ниобий — титан, ниобий — цирконий — титан и интерметаллического соединения Nb_3Sn . Свойство полупроводника сохраняется у них при $T_K = 4K$ (т. е. при температуре жидкого гелия) в магнитных полях с индукцией порядка 10 Тл и плотностях тока в проводнике порядка $10^7 — 10^9$ А/м². Сверхпроводники второго рода практически пригодны для работы только в постоянных магнитных полях и при постоянном токе.

Свойства сверхпроводников. Явление сверхпроводимости металлов можно объяснить следующим образом. При температурах, близких к абсолютному нулю, меняется характер взаимодействия электронов между собой и атомной решеткой, так что становится возможным притягивание одноименно заряженных электронов и образование так называемых электронных (куперовских) пар. Поскольку куперовские пары в состоянии сверхпроводимости обладают большой энергией связи, обмена энергетическими импульсами между ними и решеткой нет. При этом сопротивление металла становится равным нулю. С увеличением температуры некоторая часть электронов термически возбуждается и переходит в одиночное состояние, характерное для обычных металлов. При достижении критической температуры T_K все куперовские пары распадаются, и состояние сверхпроводимости исчезает.

Сверхпроводящие провода. Сверхпроводящие провода разительно отличаются от тех, что применяются в электрических бытовых устройствах. Высокие магнитные поля способны выдерживать лишь сверхпроводники второго рода. Они «впускают» в себя магнитное поле в виде вихрей. Но движение этих же вихрей обуславливает появление электрического сопротивления, и большое критическое поле «компенсируется» малой критической плотностью тока. Потребовались длительные усилия для создания материалов, структура которых препятствует движению вихрей. Для этого были созданы специальные сложные технологии, включающие множество этапов повторных плавок и волочений, отжига иковки, химической обработки и т.д. Фактически создана специальная область металлургии и материаловедения.

Применение сверхпроводимости. В настоящее время уже работают сверхпроводящие магниты различных размеров и формы. Их применение вышло за рамки чисто научных исследований, и сегодня они широко используются в лабораторной практике, в ускорительной технике, томографах, установках для управляемой термоядерной реакции. С

помощью сверхпроводимости стало возможным повысить чувствительность некоторых измерительных приборов.

Наибольшее применение сверхпроводники нашли в настоящее время в области создания сильных магнитных полей. Современная промышленность производит из сверхпроводников второго рода разнообразные провода и кабели, используемые для изготовления обмоток магнитов. С помощью сверхпроводников получают значительно более сильные магнитные поля, чем при использовании железных магнитов. Сверхпроводящие магниты являются и более экономичными.

Очень заманчиво попытаться использовать сверхпроводники в электротехнике и энергетике. Ведь в настоящее время потери на джоулево тепло в проводящих проводах оцениваются величиной 30 – 40%, то есть более трети всей производимой энергии тратится даром. Если же передавать электроэнергию по сверхпроводящим проводам с нулевым сопротивлением, то таких потерь не будет вообще. Это равносильно увеличению выработки электроэнергии более чем на треть. На основе сверхпроводников можно создавать электродвигатели и генераторы с высоким КПД и другими улучшенными рабочими характеристиками.

Литература.

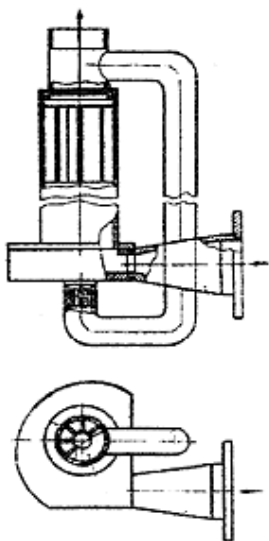
1. Мнелян М.Г. Сверхпроводники в современном мире. – М.:Наука.- 1991.
2. Гинзбург В.Л. Сверхпроводимость.-М.:Наука.-1990
3. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Сверхпроводимость>

УДК 66.046

Сапрыкина А.С., Абейдулин С.А., ст. преподаватель каф.
«Электроэнергетических систем атомных станций»

ТЕПЛОУСТАНОВКА ПОТАПОВА

Теплогенератор Потапова представляет собой механическое устройство, которое отделяет сжатый газ горячих и холодных потоков. Воздух, выходящий из «горячего» конца, может достигать температуры 200°C , а из холодного доходить до -50°C .



Принцип действия изобретения основан на процессе кавитации, то есть на образовании пузырьков воздуха в толще воды, вызванном силой вихревой энергии потока воды. Образование пузырьков всегда сопровождается специфическим звуком и образованием некой энергии в результате их ударов на большой скорости. Пузырьки - полости в воде, заполненные испарениями от воды, в которой они сами и образовались. Жидкость оказывает постоянное давление на пузырек, и он стремится перемещаться из области высокого давления в область низкого, дабы уцелеть, но он не выдерживает давления и резко сжимается и выплескивает энергию, образуя волну.

Выделяемая «взрывная» энергия большого количества пузырьков обладает силой способной разрушить крепкие металлические конструкции, поэтому эта энергия служит добавочной при нагреве. Для теплогенератора предусмотрен полностью закрытый контур, в котором образуются пузырьки очень малого размера, лопающиеся в толще воды, обеспечивающие прирост тепловой энергии до 80%. В контуре обеспечивается поддержание переменного тока напряжением до 220В, целостность важных для процесса электронов при этом сохраняется.

Образовывает «водяной вихрь» встроенный в тепловую установку насос, он образует необходимый уровень давления и силой направляет его в рабочую емкость. При возникновении завихрения в воде происходят перемены с механической энергией в толще жидкости, и начинает устанавливаться одинаковый температурный режим. Дополнительная энергия создается, по Эйнштейну, переходом некой массы в необходимое тепло, процесс сопровождается холодным ядерным синтезом.

В системе теплогенератора насос создает давление на уровне от 4 до 6 атм. Под созданным давлением вода с напором поступает в инжекционный патрубок, присоединенный к фланцу запущенного центробежного насоса. Поток жидкости стремительно врывается в полость улитки. Жидкость начинает быстро вращаться по изогнутому каналу для достижения эффекта кавитации. После в вихревую трубу попадает жидкость, а вода уже достигла

одноименного характера и движется стремительно. Противоположный край вихревой трубы является уже горячим, туда направляется жидкость.

Чтобы достичь необходимой точки, она проходит по винтообразно закрученной спирали. Винтовая спираль располагается около стенок вихревой трубы. Мгновение и жидкость достигает горячей точки вихревой трубы. Завершается движение жидкости по основному корпусу устройства. Потом предусмотрено тормозное устройство, предназначенное для частичного вывода горячей жидкости из обретенного ею состояния. Вдоль стенок тормозного устройства горячая жидкость продвигается к выходу из устройств, а по внутренней полости втулки тормозного устройства протекает вихревой поток отведенной холодной жидкости.

Времени контакта двух потоков через стенки втулки достаточно для нагрева холодной жидкости. Теплый поток направляется к выходу через малое тормозное устройство. Дополнительный нагрев теплого потока происходит при прохождении по тормозному устройству под действием явления кавитации. Хорошо прогретая жидкость выходит из малого тормозного устройства по байпасу идёт по отводящему патрубку.

Горячий теплоноситель тоже направляется на выход, но в противоположном направлении. К верхней части тормозного устройства прикрепляется дно, в центральной части дна предусмотрено отверстие с диаметром, равным диаметру вихревой трубы, а вихревая труба соединена отверстием в дне. Горячая жидкость заканчивает свое движение по вихревой трубе проходом в отверстие дна. После горячая жидкость попадает в основной отводящий патрубок, где смешивается с теплым потоком. На этом движение жидкостей закончено. На выход из нагревателя вода поступает с верхней части отводного патрубка - горячая, а из нижней его части - теплая, в нем же она смешивается, готовая к использованию. Все этапы работы теплогенератора проходят в присутствии эфира.

Библиография:

1. <http://faza.ru/sovety/teploustanovka-potapova.html>
2. <https://www.asutpp.ru/generator/vixrevoj-teplogenerator.html>

УДК 621.31

А.Г. Хомюк, студентка 3-го курса; В.В. Смирнов, старший преподаватель

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЛ НА ТЕРРИТОРИИ КРЫМА В ОСОБЫХ УСЛОВИЯХ.

В связи вступления Крыма состав РФ на территории полуострова будут проводится работы по строительству и модернизации ВЛ.

Проектирование, строительство и эксплуатация линий электропередачи затруднено спецификой разнообразия рельефа и климата полуострова, которые определяют объем работ, их стоимость и надежность эксплуатации. Эти трудности еще более усугубляются недостаточным опытом проектирования и строительства горных линий электропередачи, сложностью и недостаточной изученностью природных условий.

Рассмотрим, как влияют указанные факторы на выбор проводов, опор и изоляторов, так как более 80% технологических сбоев в электросетях приходится на них.

Температура. Понижение температуры воздуха увеличивает допустимую по нагреву температуру и ток провода. Одновременно с этим при понижении температуры уменьшается длина провода, что при фиксированных точках закрепления повышает механические напряжения. Повышение температуры проводов приводит к их отжигу и снижению механической прочности. Кроме того, при повышении температуры провода удлиняются и увеличиваются стрелы провеса. В результате могут быть нарушены габариты воздушной линии и изоляционные расстояния, т. е. снижены надежность и безопасность работы воздушной линии электропередачи. Для решения этой проблемы целесообразно использовать неизолированные провода нового поколения.

Ветер. Действие ветра приводит к появлению дополнительной горизонтальной силы, следовательно, к дополнительной механической нагрузке на провода, тросы и опоры. При этом увеличиваются натяжения проводов и тросов и механические напряжения их материала. Появляются также дополнительные изгибающие усилия на опоры. При сильных ветрах возможны случаи одновременной поломки ряда опор линии. Для данной местности рекомендованы стойки железобетонные и металлические опоры, провода типа Z, полимерные (стеклопластиковые) изоляторы.

Высота над уровнем моря. Данный фактор учитывается при проектировке ЛЭП в горных районах. Чем выше находится линия электропередачи над уровнем моря, тем ниже температура воздуха и выше силовое воздействие ветра. Следовательно, необходимо использовать наиболее прочные опоры, провода.

Гололед. Гололедные образования приводят к появлению значительной механической нагрузки на провода, тросы и опоры в виде дополнительных вертикальных сил. Это снижает запас прочности проводов, тросов и опор линий. На отдельных пролетах изменяются стрелы провеса проводов, провода сближаются, сокращаются изоляционные расстояния. В результате гололедных образований возникают обрывы проводов и поломки опор, сближения и схлестывания проводов с перекрытием изоляционных промежутков не только при перенапряжениях, но и при нормальном рабочем напряжении. После возникновения первых повреждений жил в проводе нагрузка на каждую из оставшихся возрастает, что ускоряет процесс их дальнейшего разрушения вплоть до обрыва. Также при гололеде теряют свою механическую прочность и изоляторы, которые подвергаются замене. Подобные ремонтные работы затратные (в плане материалов и оплаты работ). Для предотвращения аварий данного типа рекомендовано использовать сверхпрочные типы проводов и изоляторов.

Соль. При сочетании сильного ветра, пыльных солончаковых бурь и морской влаги образовывается солевое вещество, которое оседает на изоляции, вызывая ее повреждение и вывод оборудования из строя. Также наличие соли в атмосфере увеличивает ее проводимость. Как следствие нарушается нормальная схема энергоснабжения, износ линии увеличивается до 60%, возникают аварийные ситуации. Солевые заносы существенно усложняют ведение диспетчерских режимов, тем более что физический механизм этого явления еще недостаточно изучен. Однако для очистки изоляторов от солевых отложений применяется особый состав моющего раствора.

Грозы. При кратковременных атмосферных перенапряжениях часто возникают пробой изоляционных промежутков и в частности перекрытие изоляции, а иногда и ее разрушение или повреждение. Перекрытие изоляции обычно сопровождается возникновением электрической дуги, которая поддерживается и после перенапряжения, т. е. при рабочем напряжении. Образование дуги означает короткое замыкание, поэтому место повреждения надо автоматически отключать. Для борьбы с атмосферными перенапряжениями используют ограничители перенапряжения ОПН. Использование большого количества ОПН весьма затратно.

Обвалы, камнепады, оползни, подпочвенные воды. При проектировке воздушных линий электропередачи в горных районах следует провести дополнительные геологические исследования. А при строительстве использовать высокой прочности провода, опоры, изоляторы и т.д., дополнительные крепежные элементы, тросы, особые основания под опоры, необходимо увеличить количество опор. Учащаются также и осмотры ВЛ. Дополнительные мероприятия данного типа обходятся недешево, поэтому

строительство ЛЭП в подобных зонах производится при высокой необходимости.

Рельеф и климат Крыма весьма разнообразен, следовательно, каждое климатическое явление при проектировке ВЛ требует индивидуального рассмотрения. Если принять во внимание рассмотренные климатические условия и применить современные технологии и инновационные марки проводов, то период эксплуатации ЛЭП увеличится не на один десяток лет.

Литература.

1. Строительство и монтаж линий электропередач (ЛЭП) <http://enrk.ru/lep.html>
2. Новые технологии на службе ЛЭП. Е. В. Авотин, П. М. Астафуров и др. <http://www.eprussia.ru/epr/39/2627.htm>

УДК 621.33

Смирнова Е.В., студентка 3-его курса; Шайтор Н.М., к.т.н., доцент

ПЛАНЕТАРНАЯ ИНТЕЛЕКТУАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

Актуальность темы. На данный момент времени электрическую энергию на земле в основном получают путём сжигания углеводородов на тепловых электростанциях, или урана на АЭС, однако их запасы не бесконечны. Значительные потери топлива в процессе производства и передачи электрической энергии, и, как следствие, нарушение экологии среды, а так же неравномерность нагрузок электрических сетей, суточные и сезонные колебания потребляемой мощности, недостаточная надёжность электроснабжения и его отсутствие в отдельных районах земного шара являются глобальными энергетическими проблемами человечества.

Состояние вопроса. В настоящее время электроэнергетические системы (ЭЭС) континентов и государств в основном обособлены друг от друга. Есть примеры и слияния энергетических систем государств – это объединение электроэнергетических систем государств – участников СНГ. Мировая энергетика идёт по пути использования энергетических установок на базе возобновляемых источников энергии и создания Smart grid – умных сетей. В российской энергетике, основным содержанием которой является единая национальная ЭЭС, принята концепция Интеллектуальной ЭЭС с активно-адаптивными сетями (ИЭЭС ААС). Однако даже при условии реализации данных проектов глобальные энергетические проблемы в полной мере решены не будут.

Техническая сущность планетарной интеллектуальной электроэнергетической системы. Решение глобальных энергетических проблем человечества возможно путем дальнейшего соединения электроэнергетических систем в континентальные системы, а континентальных – в единую планетарную интеллектуальную электроэнергетическую систему (ПИЭЭС), управляемую с помощью компьютерно-сетевых технологий.

ПИЭЭС позволяет уменьшить суммарную установленную мощность электростанций за счет использования долготного и широтного эффектов. При долготном эффекте в утренние часы мощность может передаваться с запада на восток, а в вечерние часы – с востока на запад. При широтном эффекте длительность сезонных максимумов нагрузок северных потребителей больше, чем южных, в связи с этим мощность может передаваться с юга на север. Одновременно повышается надежность электроснабжения, улучшается маневренность и взаимопомощь континентальных ЭЭС при авариях и техногенных катастрофах, снижаются потери, появляется возможность присоединения промежуточных потребителей в районах с энергетическим голодом, а так же промежуточных источников энергии, в том числе возобновляемых источников энергии на континентальном и морском шельфе.

Создание ПИЭЭС предполагает использование трансконтинентальных электрических передач (ТКЭП), соединяющих континентальные энергетические системы преимущественно вдоль долготы и широты земного шара. Управление ТКЭП должно осуществляться с помощью суперкомпьютеров, соединенных единой сетью и с сетью интернет, обеспечивающих накопление, хранение, анализ рабочих и нерабочих данных сетей. Программное компьютерное обеспечение призвано вырабатывать решения оптимальной конфигурации ТКЭП и континентальных ЭЭС при минимизации всех видов потерь в режиме реального времени. Одним из вариантов такой оптимизации является управление интеллектуальной энергосистемой на базе Эталонной архитектуры [1] информационного предприятия интеллектуальной энергосистемой (Reference Architecture).

ТКЭП могут быть построены на исключительно перспективных резонансных принципах однопроводных и беспроводных электрических передач, предложенных Николо Тесла. Резонансные технологии позволяют передавать потоки электроэнергии мощностью несколько тераватт на расстояния в десятки тысяч километров. Однако, поскольку эти принципы всё ещё находятся в стадии исследований и разработок, в настоящее время реально использовать подводные кабельные электрические передачи, в том числе на материалах с высокотемпературной сверхпроводимостью [2].

Основное назначение ТКЭП заключается в согласовании параметров соединяемых континентальных ЭЭС различной частоты и напряжения, в осуществлении оптимальных перетоков электрической энергии между континентальными ЭЭС (преимущественно вдоль долготы и широты земного шара), в передаче электрической энергии от промежуточных источников энергии, и в электроснабжении промежуточных потребителей в районах с энергетическим голодом.

Развивающиеся страны Африки по сравнению со странами Европы и Северной Америки имеют в 1,5 – 3 раза больше солнечной энергии, поступающей на единицу площади территории. В третьем тысячелетии развивающиеся страны смогут использовать сезонное изменение солнечной энергии и в зимние месяцы продавать электроэнергию, полученную от солнечных электростанций, в Северные страны, где солнечная энергия имеется в изобилии только с марта по сентябрь.

Промежуточными источниками энергии в сети ТКЭП могут быть не только мощные солнечные электростанции (СЭС), но и расположенные в районах постоянного переноса воздушных масс ветровые электрические станции (ВЭС), большие морские плавучие энергетические платформы, содержащие солнечные, ветровые, приливные и волновые энергетические установки. Промежуточные источники энергии позволяют исключить суточную и сезонную неравномерность выработки электроэнергии и обеспечить круглосуточное и круглогодичное надежное, экологически безопасное электроснабжение потребителей энергии. При этом будет снижен парниковый эффект и уменьшено негативное влияние топливных электростанций на окружающую среду.

Основным способом согласования параметров промежуточных и континентальных ЭЭС различной физической природы, а так же частоты и напряжения сетей, может быть статическое выпрямление переменного многофазного тока континентальных ЭЭС с использованием вставок постоянного тока, в том числе сверхпроводящих вставок, выполненных в виде глубоководных сверхпроводящих кабелей.

Выводы. Решение глобальных энергетических проблем следует искать на путях создания планетарной интеллектуальной электроэнергетической системы, содержащей трансконтинентальные электрические передачи и управляемой с помощью компьютерных сетевых технологий. Указанные трансконтинентальные передачи соединяют между собой континентальные электроэнергетические системы, согласуют их параметры, осуществляют оптимальные перетоки электрической энергии, принимают электрическую энергию от промежуточных континентальных источников энергии, осуществляют электроснабжение промежуточных потребителей в районах с энергетическим голодом. Для практического осуществления планетарной интеллектуальной электроэнергетической системы необходима реализация

целого ряда технических, юридических и организационных межгосударственных мер, поэтому перспектива воплощения в жизнь данного проекта принадлежит будущему, а его основы необходимо закладывать уже сегодня.

Литература.

1. Патент RU 2518178 С2. Автор Тафт Джеффри Д. (US). Система и способ для управления электроэнергетической системой. Опубликовано: 10.06.2014 Бюл.№ 16.
2. Статья: «Планетарная электроэнергетическая система». Электронный ресурс «<http://www.roman.by/r-78810.html>»

УДК 621.31

А.С. Лучина, студентка 3-го курса; В.В. Смирнов, старший преподаватель

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЛ С ПОМОЩЬЮ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Мониторинг технического состояния воздушных линий электропередачи (далее ЛЭП) ведется с целью сбора актуальной информации о параметрах технического состояния ВЛ в рамках выявления нарушений и неисправностей технического обслуживания. И включает в себя: осмотры, проверки, обследования опор и их фундаментов, проводов, грозозащитных тросов, линейной арматуры, изоляции, заземляющих устройств, контактных соединений, состояния подвесок и арматуры и др.

Воздушный мониторинг линий электропередач с помощью БПЛА позволяет наиболее эффективно оценивать техническое состояние проводов и изоляторов, обнаруживать в любое время суток акты несанкционированной деятельности посторонних лиц и транспортных средств в охранных зонах, передавать в режиме реального времени качественные данные о дефектах проводов и состоянии трассы ЛЭП при аварийном отключении.

Данные, полученные с борта БПЛА, позволяют специалистам сетевой инфраструктуры оценивать и прогнозировать воздействие природных факторов на ВЛ, определять дефекты, отклонения проводов и изоляции от допустимых норм, обследовать новые маршруты ЛЭП и прилегающие к ним территории.

Очевидна назрела необходимость не просто системы диагностики или разработки новых методов контроля состояния ВЛ, а комплексной системы, способной на основе всей полученной информации формулировать необходимые решения дальнейшей эксплуатации этих ВЛ.

Преимущества использования БПЛА:

- Аэродиагностика в противовес стационарным системам позволяет исследовать протяженные участки ЛЭП при помощи одного аппарата;
- существенно снижаются затраты на обслуживание и диагностику ЛЭП;
- осуществление методов профилактического контроля ВЛ в труднодоступной местности.

Недостатки использования БПЛА:

- Малое время работы такого оборудования, которое составляет от 30 мин до 1,5 ч.;
- отсутствие возможности подзарядки его бортовых аккумуляторов без участия человека;
- сильно влияние метеорологических условий на полеты БПЛА вблизи ЛЭП.

Частично решает проблему малого времени автономной работы использования БПЛА для закрепления измерительного блока на грозотросе. Это существенно сокращается время нахождения БПЛА в воздухе.

На рисунке представлена схема функционирования данного комплекса.

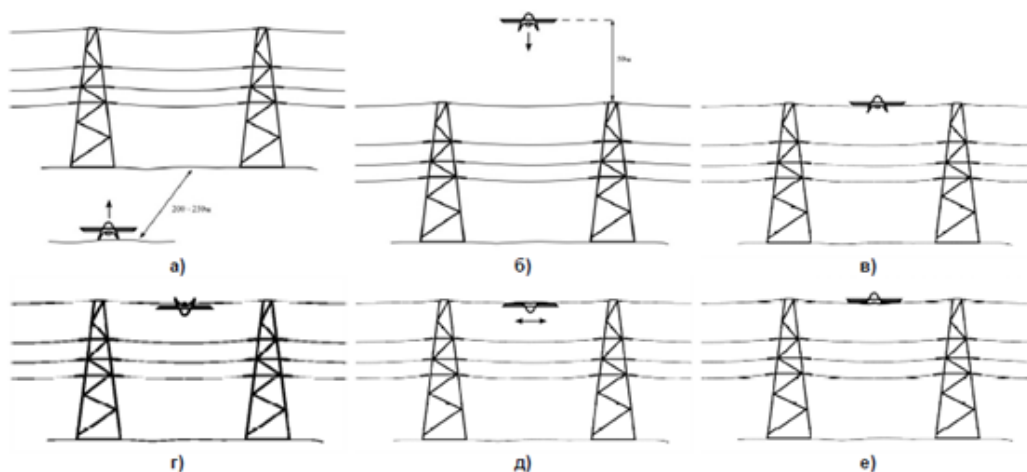


Рисунок 1 – Функционирование комплекса: а – взлет БПЛА; б – подготовка к посадке; в – снижение БПЛА; г – смена позиции; д – присоединение к грозотросу; е – взлет БПЛА с грозотроса

Взлет осуществляется в условиях поля на большом удалении от ЛЭП, (Рисунок 1, а). Далее при помощи спутниковой навигационной системы, он останавливается над проводами ЛЭП, между двух опор на 50 м выше грозотроса (Рисунок 1, б). При помощи встроенной камеры, направленной в сторону земли, и системы технического зрения БПЛА локализует грозотрос

и осуществляет снижение к нему (Рисунок 1, в). Для первичного захвата троса на БПЛА снизу, в непосредственной близости от камеры, расположено механическое захватное устройство, которое автоматически защелкивается при попадании в него троса. Момент защелкивания определяется по срабатыванию концевого датчика на захватном устройстве. После этого винты БПЛА плавно останавливаются, и он под силой тяжести переворачивается своей верхней частью вниз (Рисунок 1, г).

Далее посадочные ноги поворачиваются, прижимая БПЛА к грозотросу (Рисунок 1, г). В местах соприкосновения БПЛА с тросом установлены ролики, обеспечивающие свободное скольжение в обе стороны на тросе рядом с ним расположены выдвижные электромеханические тормоза (Рисунок 1, д).

Все блоки, в том числе и диагностический, размещаются в верхней части БПЛА таким образом, чтобы после закрепления на тросе оно смотрело вниз. Для перемещения по тросу в горизонтальной плоскости используются винты БПЛА, воздушный поток которых отклоняется при помощи, поворачиваемой закрылки.

Горизонтальная ориентация БПЛА на тросе поддерживается при помощи разницы скоростей вращения винтов левого и правого борта. При необходимости осуществить диагностику между следующими двумя опорами ЛЭП комплекс перемещается на середину текущего участка, при помощи винтов переворачивается и стабилизируется выше уровня грозотроса (Рисунок 1, е), отцепляется от него и поднимается на 50 м выше ЛЭП.

Далее БПЛА позиционируется на середине следующего участка и выполняет на него посадку описанным выше способом. В предложенном решении сокращение энергопотребления достигается за счет сокращения времени свободного полета.

Комплекс оценки технического состояния ВЛ с помощью БПЛА, является совокупностью не только средств диагностики и измерений с помощью различных методов, но и интеллектуального анализа полученных в ходе этих измерений данных. Также данный комплекс направлен на решение существующих проблем, связанных с эксплуатацией БПЛА и на повышения эффективности их использования для анализа состояния ЛЭП.

Заключение.

Мониторинг технического состояния воздушных линий электропередачи ведется с целью сбора актуальной информации о параметрах технического состояния ВЛ в рамках выявления нарушений и неисправностей технического обслуживания.

Особенно перспективен воздушный мониторинг линий электропередач с помощью БПЛА. Он позволяет наиболее эффективно оценивать

техническое состояние и передавать в режиме реального времени качественные данные о дефектах проводов и состоянии трассы ЛЭП при аварийном отключении.

Очевидно назрела необходимость не просто системы диагностики или разработки новых методов контроля состояния ВЛ, а необходима комплексная система, способная на основе всей полученной информации формулировать необходимые решения дальнейшей эксплуатации этих ВЛ.

Литература.

1. В.Я. Петраш., И.К. Туркин. Оценка эффективности перспективных направлений модернизации беспилотных летательных аппаратов. – М.: Изд-во МАИ, 2011. - 17с.
2. Н.В. Павлова., А.В. Смеюха. Повышение эффективности выполнения полетного задания современными маневренными летательными аппаратами. – М.: Изд-во МАИ, 2016. - 14с.

УДК 621.311

Смирнова Е.В., Смирнов В.В., старший преподаватель

НАГРУЗОЧНАЯ СПОСОБНОСТЬ ВОЗДУШНЫХ ЛЭП И ПУТИ ЕЕ ПОВЫШЕНИЯ

Значения пропускной способности и токовой нагрузки высоковольтных воздушных линий в условиях нормальной эксплуатации являются величинами взаимосвязанными. В процессе эксплуатации баланс между ними, заложенный при проектировании может быть нарушен. Получается, что усиление степени нагрева проводов не позволяет полностью использовать предполагаемую величину пропускной способности. Рассмотрены наиболее распространенные причины ее снижения. Анализ результатов осмотров и проверок трасс ЛЭП выявил существенное снижение габаритов проводов и, соответственно, пропускной способности как минимум 30% обследованных линий ВН, срок службы которых составляет более 30 лет. Таким образом, зафиксированные в исполнительной документации значения габаритов не учитывают влияния таких факторов, как происходящие со временем изменения рельефа, строительство и реконструкцию коммуникаций. К важным факторам влияния следует отнести происходящую с течением времени вытяжку алюминиевых и АС проводов, темп которой резко возрастает при воздействии на провода экстремальных ветровых, гололёдных нагрузок. На линиях электропередачи габарит до земли не должен быть нарушен при

повышении температуры провода до максимально допустимого значения $+70^{\circ}\text{C}$.

В ряде пролётов, которые следует отнести к числу критических, безопасный габарит нарушается, что создаёт значительные угрозы для самой ВЛ, населения и работы техники вблизи трассы ВЛ. Сделан вывод, что на данной линии по условиям безопасности (из-за наличия критических пролётов) должны быть введены значительные ограничения токовых нагрузок по сравнению с теми, которые были согласованы до проведения проверки состояния ВЛ.

Способами практического решения проблем устранения тех ограничений пропускной способности ВЛ, которые обусловлены недостаточными габаритами проводов:

- регулировка тяжения проводов в ряде анкерных пролётов ВЛ;
- нивелировка рельефа;
- замена проводов на новые с малыми стрелами провеса;
- установка дополнительных опор;
- увеличение высоты существующих опор, особенно эффективное в стеснённых условиях городской застройки
- замена проблемных участков ВЛ кабельными вставками;
- применение средств мониторинга состояния и положения проводов.

Наиболее эффективна совместная работа средств мониторинга с устройствами автоматического ограничения перегрузки линии. Последние модификации устройства мониторинга состояния проводов ВЛ, обладают способностью раннего предупреждения о нарастании гололёдных нагрузок, а также о возникновении интенсивных колебаний и раскачиваний проводов, которые могут быть вызваны действием опасных для ВЛ сильных порывистых ветров. На участках трасс ВЛ, для которых характерна потенциальная опасность перекрытий на практически единственной эффективной технологией является воздушное лазерное сканирование трассы ЛЭП.

Таким образом, возникают три основные задачи, решение которых позволит более полно использовать нагрузочную способность линий электропередачи и при этом избежать отключений ВЛ и излишних ограничений потребителей:

- контроль температуры провода;
- определение допустимой температуры провода;
- управление режимами работы электрической сети с целью недопущения аварийной перегрузки линий электропередач.

Возможны два основных способа контроля температуры: непосредственный и косвенный (расчетный). В первом случае температура провода измеряется специальными датчиками в контрольных точках ВЛ и

эта информация передается диспетчеру, ответственному за режим работы линии. Информация о температуре провода может передаваться по радиоканалу. Такие разработки уже применяются за рубежом. В нашей стране также проводятся испытания датчика температуры провода с автономным источником питания. Вторая задача - определение допустимой температуры провода. Необходимо различать максимально допустимую температуру провода по условиям сохранения механической прочности проводов и допустимую температуру по условию соблюдения допустимых габаритов.

Третья задача - управление энергосистемой с целью недопущения перегруза линий.

При возникновении опасности перегруза линий, необходимо различать следующие режимы: нормальный, утяжеленный и аварийный по токовой перегрузке.

Нормальным режимом в данном случае является режим, при котором температура провода не превышает длительно допустимой температуры 70°C и допустимой температуры по условию сохранения габаритов.

Утяжеленным режимом является режим, при котором температура провода выше 70°C , но ниже максимально допустимой температуры 100°C (90°C) по условиям механической прочности и допустимой температуры по условию сохранения габаритов. Хотя режим может быть довольно длительным, персонал должен предпринимать действия по разгрузке линии, по возможности используя режимные мероприятия, не связанные с ограничением нагрузки потребителей.

Аварийный режим по токовой перегрузке определяется условием: температура провода превышает 100°C (90°C) или допустимую по условию сохранения габаритов. В этом случае необходимо выполнить автоматическое отключение нагрузки.

Выводы:

1. Для оценки реальной нагрузочной и пропускной способности, необходимо периодическое проведение проверки технического состояния ВЛ ВН с применением современных высокотехнологичных средств инструментального контроля технического состояния.

2. Использование результатов, полученных в ходе проверки позволяет предложить наиболее рациональные и эффективные способы не только восстановления, но и повышения пропускной способности для большинства существующих линий электропередачи.

3. Для непрерывного контроля температуры провода необходимо использование специальных датчиков с передачей информации диспетчеру. Косвенный контроль температуры осуществляется с использованием информации о метеорологических параметрах в контрольных точках.

4. Допустимая температура по условию сохранения допустимых габаритов ВЛ должна рассчитываться с учетом реальной токовой нагрузки ВЛ и климатических параметров.

Литература.

1. *Б.И. Механошин и др.* Повышение эффективности использования существующих ВЛ на основе анализа их технического состояния и данных мониторинга температуры проводов. Электро, 2007, № 6.

2. *И.И. Левченко, Е.И. Сацук.* Нагрузочная способность и мониторинг воздушных линий электропередачи в экстремальных погодных условиях, «Электричество», 2008 г., №4.

УДК 621.31

И.Д. Воробьёва, студентка 3-го курса; В.В. Смирнов, ст. преподаватель

К ВОПРОСУ О ПУТЯХ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ ВЛ

Экономический рост происходит в большинстве стран мира и сопровождается ростом потребления электроэнергии. Рост производства энергии требует ежегодного увеличения потребления энергоресурсов, многие из которых не возобновляются. Значительная часть энергетики обеспечивается потреблением энергии, освобождающейся при сжигании органического ископаемого топлива (нефти, угля и газа), что, в свою очередь, приводит к выбросу в атмосферу огромного количества загрязняющих веществ.

В условиях высоких темпов роста потребления электроэнергии проблема потерь электрической энергии при передачах составляет примерно 20% выработанной энергии. На сегодняшний день потери в электрических сетях Российской Федерации:

Таблица 1. Потери в электрических сетях РФ

класс сетей	потери энергии	доля в общем объеме
330 - 500 кВ	до 25%	12%
220 кВ	до 27%	16%
35 - 110 кВ	до 43%	36%
6 - 20 кВ	до 34%	26%
0,4 кВ	до 30%	10%

Мероприятия по снижению потерь электроэнергии:

- повышение номинального напряжения;
- компенсация реактивной мощности;
- регулирование потоков мощностей;
- совершенствование системы учета электроэнергии;
- снижение сопротивления провода;
- совершенствование технологий передачи электрической энергии;
- применение инновационных конструкций проводов.

Увеличение номинального напряжения позволяет уменьшить потери мощности. При постоянных значениях передаваемой мощности и сопротивления проводов потери на нагрев в проводах обратно пропорциональны квадрату напряжению в сети. Так, при увеличении напряжения в 3 раза потери электроэнергии при её передаче уменьшатся в 9 раз.

Потребление реактивной мощности от энергоснабжающей организации нецелесообразно, так как это приводит к увеличению активных потерь и падению напряжения. Поэтому реактивную мощность необходимо генерировать непосредственно у потребителя. Эту функцию выполняют установки компенсации реактивной мощности, основными элементами которых являются конденсаторы.

Поперечная компенсация применяется для уменьшения потерь реактивной мощности в сети. Компенсирующие устройства поперечной компенсации позволяют снизить потери активной мощности и электроэнергии за счет разгрузки элементов сети от реактивной мощности и соответственно снижения рабочих токов. Так же применяется продольная компенсация, для уменьшения реактивного сопротивления ЛЭП. Компенсация обеспечивается последовательным включением в линии электропередач емкостного сопротивления в виде конденсаторов.

К мероприятиям по совершенствованию учета электроэнергии относят установку приборов технического учета электроэнергии на радиальных линиях, отходящих от подстанции для повышения точности расчета технических потерь, замена существующих приборов учета на приборы с высоким классом точности.

Уменьшение потери мощности и увеличение пропускной способности можно добиться путем расщепления фазы. При n проводах в фазе увеличивается эквивалентный радиус расщепления конструкции фазы. С увеличением эквивалентного радиуса фазы снижается напряженность электрического поля вокруг фазы и потери мощности коронирования.

Совершенствование технологий передачи электроэнергии возможно следующими методами:

- ❖ метод, основанный на электромагнитной индукции;
- ❖ метод, основанный на радио- и микроволнах;

❖ метод, основанный на использовании лазера.

Все замкнутые сети неоднородны из-за неодинаковости отношения реактивных сопротивлений к активным на каждом участке сети. В неоднородной замкнутой сети протекает уравнильный ток и соответствующая ему уравнильная мощность, вызванные неоднородностью сети и создающие дополнительные потери активной мощности. Снижение неоднородности параметров сети достигается изменением сечений проводов или применением УПК и возможно только в кольцевых сетях одного напряжения. Компенсация уравнильных мощностей и токов может быть реализована размыканием контура протекания уравнильных токов, или созданием тока, компенсирующего уравнильный ток, что соответствует регулированию потоков мощности в замкнутом контуре.

Применение инновационных конструкций проводов позволяет достичь снижения потерь электроэнергии, кроме этого увеличить количество передаваемой энергии, уменьшить стрелы провеса, увеличить расстояние между опорами при строительстве новых линий.

Провода с композитным сердечником АССС (Aluminium Composite Core Conductor) позволяют увеличить пропускную способность линии в 2 раза, позволяют сократить потери линии на 20-30%. Высокотехнологичные провода типа Z с улучшенными механическими характеристиками:

- AAACZ (All Aluminium Alloy Conductor, Z-type) – провод из алюминиевого сплава, в котором 1-2 внешних слоя выполнены из проволок Z-образного сечения;

- AACSRZ (Aluminium Alloy Conductor Steel Reinforced, Z-type) - провод из алюминиевого сплава со стальным сердечником, 1-2 внешних слоя провода выполнены из проволок Z-образного сечения.

Термостойкие провода с зазором G(Z)TACSR (Thermal Resistant Aluminium Conductor Steel Reinforced) - это провода из термостойкого алюминиевого сплава со стальным сердечником. Провода повышенной проводимости AAAC UHC (All Aluminium Alloy Conductor, Ultra High Conductivity) - провода из алюминиевого сплава, в их наружном слое используется материал с минимальным электрическим сопротивлением - термообработанный алюминий.

Заключение.

Снижение потерь электроэнергии является общегосударственной проблемой. Среди различных мероприятий по снижению потерь наиболее практичным является путь основанный на применении инновационных конструкций проводов.

Применение проводов нового поколения позволяет решать основные проблемы электросетей: повышение надежности, бесперебойности энергоснабжения, сокращение потерь и увеличения пропускной

способности. Использование проводов нового поколения приводит к снижению потерь линий электропередач до 30% и увеличению их пропускной способности в 1,5 - 2 раза.

Литература.

1. Воротницкий В.Э., Заслонов С.В., Калинкина М.А., Паринов И.А., Туркина О.В. Методы и средства расчета, анализа и снижения потерь электрической энергии при ее передаче по электрическим сетям М.: ДиалогЭлектро, 2006.
2. Шведов Г.В., Потери электроэнергии при ее транспорте по электрическим сетям: расчет, анализ, нормирование и снижение: учебное пособие для вузов / Г.В. Шведов, О.В. Сипачева, О.В. Савченко; под ред. Ю.С. Железко. – М.: Издательский дом МЭИ, 2013.

УДК 621.315

Абрамов В.В., студент 4-го курса; Куликова Н.А., ст. преподаватель

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ КАБЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА, РЕКОМЕНДАЦИЯМИ ВЫБОРА ТИПА И МАРКИ КАБЕЛЕЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 10 КВ

Принципиально новым перспективным направлением развития кабелей для передачи электроэнергии при больших величинах тока является создание кабелей на основе высокотемпературной сверхпроводимости (HTSC — ВТСП). Обусловлено это тем, что ВТСП-кабели способны передавать в 3–5 раз большую мощность, чем обычные. Ожидается, что будет меньше проблем с их лицензированием и получением разрешения на их использование в линиях электропередачи, поскольку они более эффективны, позволяют снизить потери при передаче электроэнергии в электросети на 7–10% и уменьшить эмиссию углекислого газа, дают возможность передавать электроэнергию при более низких уровнях напряжения, что приводит к снижению количества повышающих и понижающих трансформаторов. В ВТСП-кабелях для охлаждения используется невоспламеняющийся жидкий азот вместо масла, применяемого в обычных кабелях, что позволяет избежать пожара или даже взрыва при утечке электричества или перегрузках.

Имеет смысл также применение в качестве токопроводящей жилы чистых углеводородных нанотрубок, известных как квантовые провода. Они могут проводить в 10 раз больший ток, чем медь, при весе в одну шестую часть от

медного провода. Важность решения проблемы связана, в том числе, и с ситуацией на рынке меди — ее дефицитом и постоянно растущей ценой.

Экономически же приемлемой альтернативой медным проводящим элементам, как для силовых, так и для высокочастотных кабелей, считаются биметаллические проводники — например, на основе алюминия, покрытого медью (АпМ). При передаче высокочастотных сигналов последние протекают по наружному медному слою, в то время как более легкий и более дешевый алюминиевый сердечник обеспечивает структурное единство. АпМ используется как легкий проводник, в котором объединены такие характеристики медных проводников, как коррозионная стойкость и надежная работа в местах контактов, с малым весом и хорошей проводимостью алюминиевых проводников. Современные цены на базовые материалы определяют значительное превосходство АпМ-проводов по стоимости с медью для любых применений. Несмотря на то, что процесс нанесения покрытия требует использования передовых технологий, что увеличивает стоимость по сравнению со стоимостью базового металла, АпМ остается экономически эффективным исходным материалом для использования в процессе производства кабелей.

Кабели для силовых применений, изготовленные из АпМ-провода, имеют не только меньший вес и меньшую стоимость, чем эквивалентные медные, но они обладают еще одним положительным качеством — на них не образуются поверхностные оксиды, что происходит на местах соединения алюминиевых проводников.

Литература.

1. Ишкин В. Х. Создание глобальной электроэнергетической системы // Вести в электроэнергетике. 2006. № 4.
2. Оптическая связь: взгляд в прошлое и перспективы // Lightwave. Russian edition. 2004. № 4.
3. Новости ECOC // Lightwave. Russian edition. 2006. № 4

УДК 621.31: 621.314.2, 621.315.2

Васильев А.А. студент 3 курса; Смирнов В.В. старший преподаватель

ИННОВАЦИОННЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ ДЛЯ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

Одной из главных причин замены воздушных линий кабельными является повышение надежности энергоснабжения, а также использование кабельных линий способно обеспечить глубокий ввод там, где по техническим или эстетическим соображениям применение воздушных линий невозможно.

Развитие технологии изготовления высоковольтного кабеля позволило создавать кабель с изоляцией из поперечно-сшивного полиэтилена (XLPE), допускающего высокую напряженность электрического поля. Сегодня этот кабель широко применяется в подземных распределительных и промышленных сетях. Имеется много примеров применения такого кабеля на напряжение выше 400кВ.

Использование XLPE изоляции легло в основу аппарата высокого напряжения сухого типа, получившего название кабельный трансформатор.

Основное преимущество кабельного трансформатора - использование цилиндрического проводника вместо прямоугольного. Такой подход позволяет снизить неравномерности электрического поля в изоляции.

Цилиндрическая обмотка проще в изготовлении, а благодаря безопасной конструкции трансформатор можно установить максимально близко к месту нагрузки, обеспечив глубокий ввод (например, в густонаселённом районе), что уменьшает общие потери в сети.

При непрерывной нагрузке допустимой является температура 70°C, что значительно выше, чем у сухих трансформаторов с литой изоляцией.

Несомненный плюс кабельного трансформатора – пониженный уровень шума – 60 Дб; в то время как у масляного трансформатора со схожими параметрами норма колеблется в районе 80-90 Дб. Такой показатель обеспечивается за счёт воздушного охлаждения обмотки высокого напряжения.

Устройство обладает повышенным уровнем безопасности эксплуатации для персонала, ведь в кабельном трансформаторе отсутствует масло и вдвое меньше горючих материалов по сравнению с обычными трансформаторами. Таким образом исключается риск пожара, взрыва, загрязнения воды и почвы в случае повреждения трансформатора. Это позволяет применять кабельные трансформаторы в зонах с большой плотностью населения, в подземных установках и экологически охраняемых регионах.

Библиография:

1. А.П. Бурман, Ю.К. Розанов, Ю.Г. Шакарян Управление потоками электроэнергии и повышение эффективности электроэнергетических систем// Издательский дом МЭИ, 2012
2. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей// "НЦ ЭНАС", М., 2005 (621.3, П-683).

УДК 628.165.048

Бунчук Н.В., Чебоксаров В.В., к.т.н., доцент.

ТЕХНОЛОГИИ ОПРЕСНЕНИЯ МОРСКОЙ ВОДЫ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Ключевые слова: водоснабжение, Северо-Крымский канал, опреснительные установки.

Крымский полуостров характеризуется низким увлажнением. В большинстве районов среднегодовое количество осадков 300-360 мм (дефицит осадков для с/х культур – 300-500 мм). Наибольшее количество осадков выпадает на малом предгорном участке северного склона Крымских гор. 150 рек, но все малые. До 2014 года речной сток обеспечивал примерно 12-15% общего годового потребления пресной воды на полуострове.

Крым сравнительно беден пресными подземными водами. В 2013 г. забор подземных вод составил 68,54 млн м³ (4,41% общего потребления). Более 300 озер и лиманов, почти все соленые. 23 водохранилища, общий объем которых составляет около 400 млн м³. Из них 8 водоемов (общая емкость 145 млн м³) до 2014 г. заполнялись по Северо-Крымскому каналу.



Рисунок 1 - Земли, орошаемые Северо-Крымским каналом

Северо-Крымский канал (СКК) долгое время являлся основным источником (80-87% забора) пресной воды в Крыму. Подача в Крым (в период сезонной эксплуатации) – до 320 м³/с, среднегодовой расход – до 50 м³/с. Потери при транспортировке – от 20 до 45%. 80% использования – для нужд сельского хозяйства (60% - для рисоводства).

Весной 2014 года в водоснабжении большинства районов Северного и Восточного Крыма возникла угроза чрезвычайной ситуации регионального уровня, сохраняющаяся до сих пор. Дефицит водоснабжения населенных пунктов составил 0,26 м³/год. Наибольшие трудности возникли в подаче питьевой воды в города востока и юго-востока Крыма (Керчь, Феодосия, Судак).

Значительные убытки понесло орошаемое земледелие (300 тыс.га). Прекратилось возделывание риса. Сократились площади других культур, в первую очередь кукурузы и сои. Площадь орошаемых угодий Крыма была уменьшена в 2015 году до 13,4 тыс.га, поливаемых из местных источников. Объем воды, подаваемый на орошение, сократился с 700 млнм³ в 2013 году до 17,7 млн м³ в 2015 году.

В 2014 году осуществлен проект по наполнению наливных водохранилищ восточного Крыма через отсеки СКК путем переброски вод из небольших предгорных водохранилищ по земляному руслу реки Биюк-Карасу. Однако при этом наблюдаются большие потери.

Зимой 2016-2017 гг восточные отсеки СКК наполняются водой только притоками бассейна реки Биюк-Карасу и с трех групп артезианских скважин (планируемы объем – 40 млн м³ в год), т.к. отсутствуют полезные запасы воды в водохранилищах.

На втором этапе строительства системы подачи воды в восточной части Крымского полуострова артезианская вода будет перенаправлена в трубопроводы. Доставка питьевой воды населению обеспечивается, однако большие ограничения в водоснабжении промышленных и сельскохозяйственных потребителей Крыма не могут быть сняты.

Возможные пути решения проблемы рассмотрены в таблице 1.

Таблица 1

Способ решения	Недостатки
Возобновление подачи днепровской воды по руслу СКК	В ближайшие годы маловероятно по политическим причинам. Вопрос самообеспечения Крыма водой не

	будет снят с повестки дня в любом случае.
Интенсификация использования месторождений подземных вод	Возможна лишь в незначительной степени. Не решает проблему водоснабжения кардинально.
Переброска вод реки Кубань через Керченский пролив	Возможна лишь за счет значительного уменьшения подачи воды потребителям Северного Кавказа.
Переброска вод реки Дон через Азовское море	Крайне затратна. Чревата серьезными последствиями для экологии Азовского моря.
Крупномасштабное опреснение воды в северных районах Крыма	энергоемкий процесс (от 3 кВт-ч/м ³)

Несмотря на энергоемкость процесса опреснения, этот метод является приоритетным, поскольку является экологически безопасным и Крым обладает значительными ресурсами возобновляемых источников энергии.

Обзор технологий опреснения

Обратный осмос

Схема работы установок обратного осмоса приведена на рисунке 3.

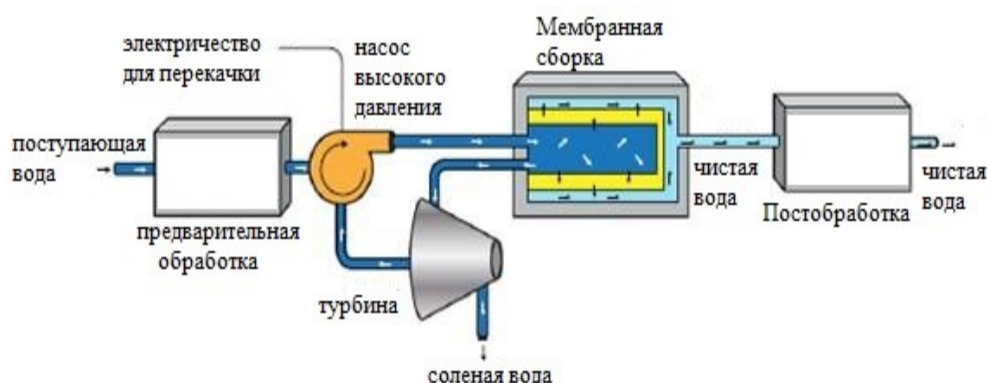


Рисунок 3 - Схема установки обратного осмоса

Принцип действия системы обратного осмоса заключается в том, что вода под давлением проходит через мембрану, на которой оседают растворенные в воде вещества. Мембраны имеют пористую структуру, диаметр пор составляет 0,0001 микрон. Такой размер является достаточным для того, чтобы через них могли свободно проникать молекулы воды, но

недостаточным для проникновения ионов и молекул примесей, содержащихся в воде.

Обратный осмос начинает происходить при определенном уровне давления, которое называется осмотическим. То есть в этой точке вода начинает воздействовать на мембрану с необходимой силой, позволяющей молекулам проталкиваться через поры. Чем выше давление воды, подаваемой на мембрану, тем выше производительность мембраны и лучше качество очистки. Рабочее давление для низконапорного осмоса колеблется от 6 до 12 атмосфер, для высоконапорного осмоса – от 12 до 16 атмосфер. Для очистки морской воды необходимо давление от 40 до 70 атмосфер.

Многоступенчатое мгновенное вскипание

Испарители мгновенного вскипания состоят из ряда ступеней испарения одной и той же конструкции (рисунок 2).

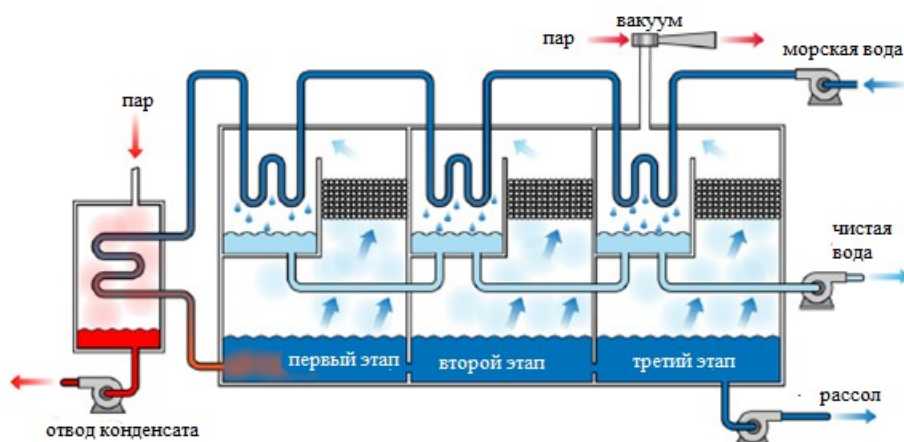


Рисунок 2 - Схема установки многоступенчатого мгновенного вскипания

Вода, предварительно нагревается в змеевиках, обогреваемых конденсирующимся вторичным паром, поступает в первую ступень установки. Здесь поддерживается давление, при котором температура насыщения на несколько градусов ниже температуры поступающей воды. Вследствие этого часть поступившей воды испаряется. Давление во второй ступени ниже, чем в первой, и некоторое количество воды вновь испаряется. Такой процесс повторяется на каждом этапе опреснения. Образующийся пар до поступления в конденсатор отделяется от капель в сепараторе, расположенном в верхней части камеры вскипания.

Многокорпусное тонкопленочное испарение

В данной схеме (рисунок 4) соленая вода поступает через теплообменник и получает некоторое количество тепла, что помогает сэкономить внешнюю подводимую тепловую энергию. Затем нагретую соляную воду перемещают через ступени, где она рассеивается на испарители.

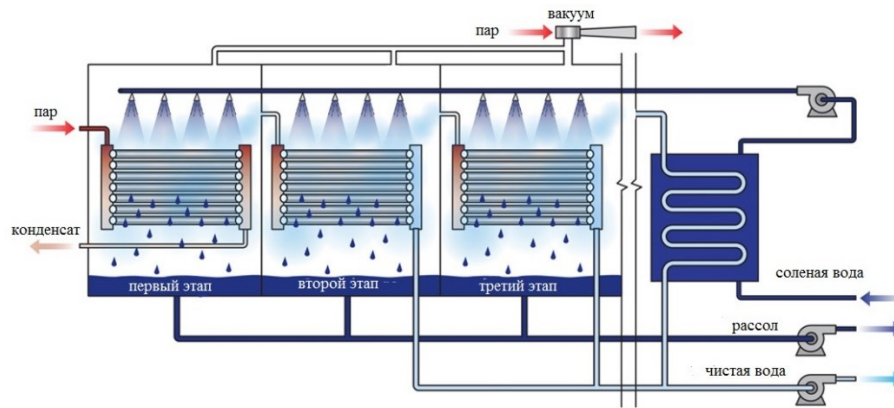


Рисунок 4 - Схема установки многокорпусного тонкопленочного испарения

Ниже приведена таблица 2 для сравнения эффективности установок опреснения соленой воды.

Таблица 2

Процесс	Тепловая энергия, кВт·ч/м ³	Электрическая энергия, кВт·ч/м ³	Суммарная энергия, кВт·ч/м ³	Капиталовложения, USD/м ³ /день	Полная цена воды, USD/м ³
Многоступенчатое мгновенное вскипание	7,5-12	2,5-4	10-16	1200-2500	0,8-1,5
Многокорпусное тонкопленочное испарение	4-7	1,5-2	5,5-9	900-2000	0,7-1,2
Обратный осмос	-	3-4	3-4	900-2500	0,5-1,2

Одним из наиболее рациональных путей энергообеспечения опреснителей является их совместное использование с ВЭМУ. Примером такого взаимодействия может служить опреснитель по технологии многоступенчатого мгновенного вскипания, установленный в неподвижную башню ВЭМУ (рисунок 5, условно показана одна ступень вскипания).

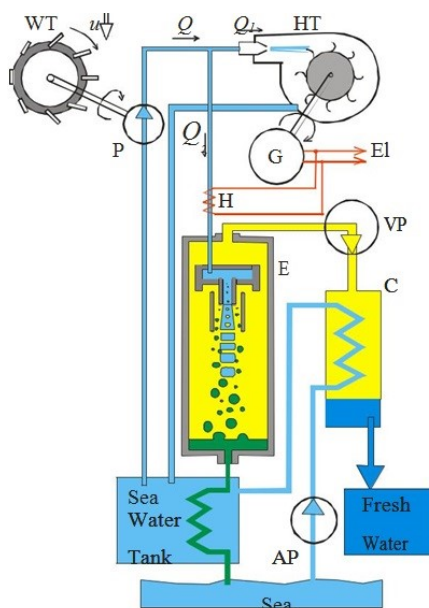


Рисунок 5 - Схема совместного применения ВЭМУ с опреснителем мгновенного вскипания

WT – это ветряная турбина, которая управляет главным насосом P.

HT – высоконапорная гидравлическая турбина.

Электрический генератор G, приводимый в действие гидравлической турбиной, обеспечивает нагреватель H и все двигатели электростанции EI. Вместо электрического нагревателя можно использовать трубчатые дроссели для параллельного потока воды и теплообменника. Специальный испаритель E и конденсатор C образуют ядро установки. В трубопроводе между E и C имеется вакуумный насос VP. Вспомогательный насос AP подает холодную морскую воду в конденсатор, а затем, после теплообмена, в резервуар для воды. Для утилизации остаточного тепла рассола в емкости для воды установлен второй теплообменник. Рассол легко вытекает, если его поднимают на 10...15 м над поверхностью моря (это соответствует дизайну ВЭМУ).

Оценочные расчеты

По оценке Госкомводхоза РК, использование СКК будет рентабельным при расходе не менее $Q = 10 \text{ м}^3/\text{сек}$, что соответствует $Q = 864\,000 \text{ м}^3/\text{день}$ или 1/5 расхода СКК при условно круглогодичной эксплуатации. Тогда:

Среднегодовая потребляемая мощность опреснителей	1110
(технология обратного осмоса), $N_{\text{пот}}$, МВт	

Суммарная номинальная мощность ветроустановок (при $u_v=16$ м/с), $N_{\text{ном}}$, МВт	400
Количество ветроустановок (при единичной мощности $N_{\text{ед}} = 8$ МВт)	50
Суммарная площадь ветропарков на шельфе, км ²	50
Ориентировочная стоимость опреснительных установок, млрд. руб.	16-220

Предлагаемые зоны размещения опреснительных ветроустановок



Рисунок 6 - Зоны размещения опреснительных установок

Литература.

1. Jonkman, J., Musial, W. and Scott, G. "Energy consumption and water production cost of conventional and renewable-energy-powered desalination processes. Letter to the Editor / Renewable and Sustainable Energy Reviews 24 (2013) 343–356

2. Larsen, TJ, and Hanson "Energy consumption and water production cost of conventional and renewable-energy-powered desalination processes." Letter to the Editor / Renewable and Sustainable Energy Reviews 24 (2013) 343–356

УДК 621.311.24

Танашевич Ю.О, Чебоксаров В.В., к.т.н., доцент

ПРОЕКТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МОРСКИХ УСТАНОВОК ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ВОДООБЕСПЕЧЕНИЯ СЕВЕРА КРЫМА

Ключевые слова: ветроэнергетика, мощность, турбина, шельф.

Перекрытие Северо-Крымского канала, основной пресноводной артерии севера Крыма, повлекло за собой появление дефицита пресной воды в северной части полуострова. По последним данным недостаток пресной воды составляет 680 млн м³. Среди всех возможных путей решения проблемы обеспечения северной части Крыма пресной водой наиболее приемлемым является крупномасштабное опреснение воды.

Процесс опреснения очень энергозатратен, из предварительных расчётов следует, что на период орошения, в следствие использования опреснительных установок энергопотребление Крыма возрастёт в полтора раза. Возможным источником энергии могут послужить ВЭУ, установленные на шельфах Чёрного и Азовского моря. Но для того чтобы получить электроэнергию от ВЭУ, сопоставимую по цене с электроэнергией получаемой от традиционных источников энергии, необходимо учесть, что стоимость энергии получаемой от ВЭУ следующим образом зависит от её мощности, а, следовательно размера.

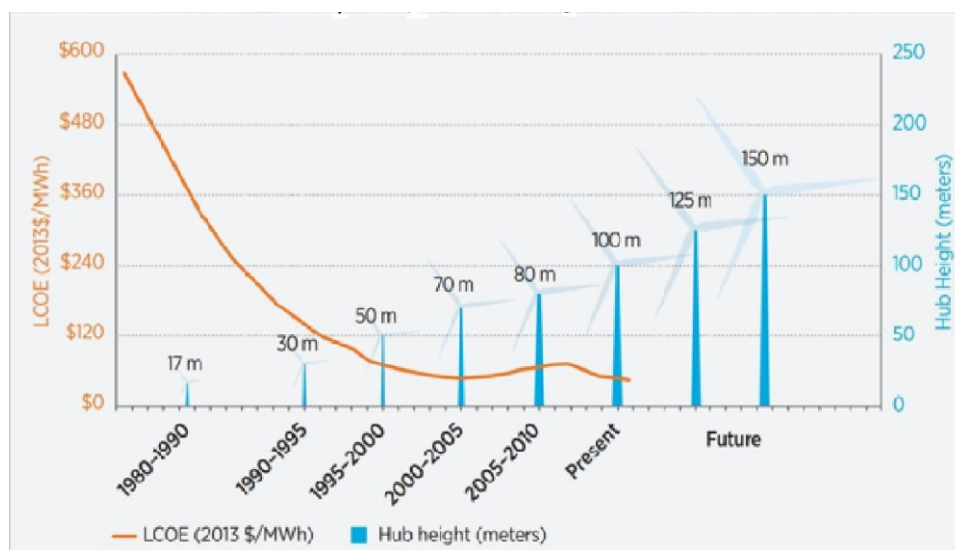


Рисунок 1- Зависимость стоимости энергии от размера ветроустановки

Анализ кривой зависимости изображённой на (Рисунке1) позволяет прийти к выводу, что получение приемлемой цены возможно лишь при использовании ВЭУ большой мощности 4-7,5 МВт. Реализация проекта по закупке и установке ветроустановок таких больших мощностей потребует огромных финансовых затрат.

Для снижения стоимости электроэнергии получаемой посредством ВЭУ необходимы существенные технологические инновации в ветроэнергетике с прорывом в диапазон свыше 20МВт в особенности в глубоководных проектах. Все существующие концепции горизонтально-осевых турбин в том числе и все известные вертикально-осевые турбины не дают возможности осуществить требуемый прорыв. Для решения вышеуказанной проблемы был предложен проект ветротурбины новой схемы, названный ветроэнергетической морской установкой (ВЭМУ). ВЭМУ - это ветротурбина с вертикальными лопастями, установленная на полупогружной торообразный понтон, медленно вращающийся вокруг центральной башни (Рисунок 2). Лопасти имеют приводы поворота для повышения эффективности турбины. Оси лопастей имеют опоры в нижнем и верхнем кольцах, которые соединены со ступицей ротора тросами. Вместо зубчатой трансмиссии используется гидропередача, состоящая из насосов и водяной турбины высокого давления, соединённой с электрогенератором. Такая схема имеет несколько средств оптимального управления преобразованием энергии медленного вращения турбины. В отличие от традиционных ветроустановок, идущих от ветряных мельниц, турбина ВЭМУ идет от парусных судов, остающихся лучшим средством утилизации энергии ветра на море.

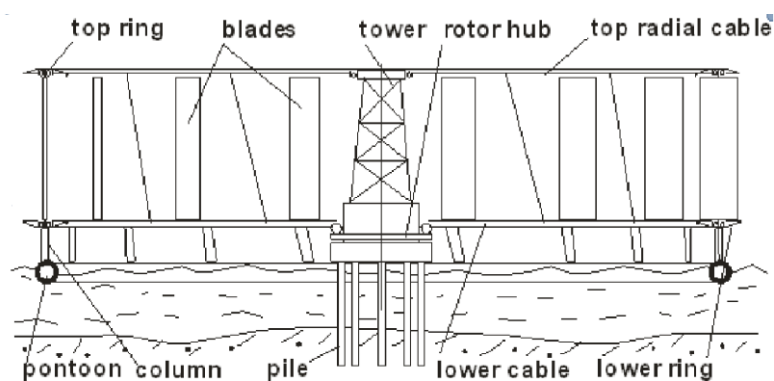


Рисунок 2 - Схема турбины ВЭМУ на свайном основании

Водяная опора убирает все ограничения в размерах турбин, что даёт возможность построить турбину мощностью более 30 МВт. В производстве основных компонентов ВЭМУ используются недорогие судостроительные технологии. Турбина может быть собрана на верфи и доставлена к месту

установки на буксире. Как правило, её обслуживание и частично ремонт могут проводиться без остановки работы. На данный момент приоритетной является разработка глубоководной версии ВЭМУ.

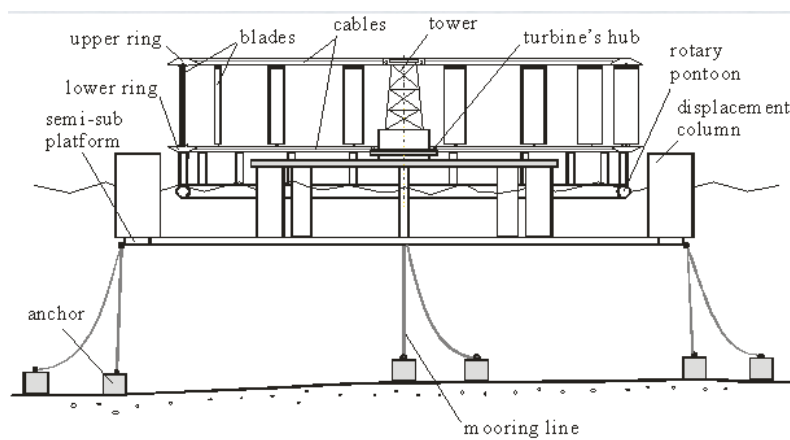


Рисунок 3-Схема глубоководной турбины ВЭМУ

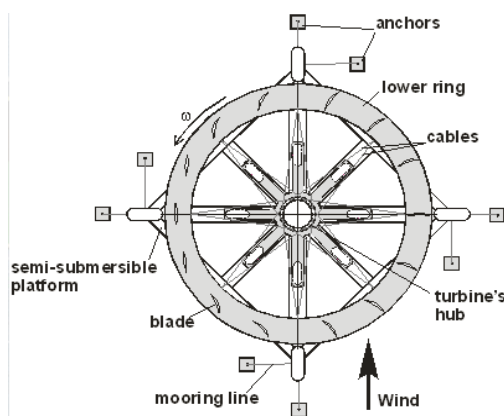


Рисунок - 4 Сечение турбины поперёк лопастей (вид в плане)

Различные модификации ВЭМУ могут быть установлены на сильно различающихся друг от друга по глубинам, шельфах Чёрного и Азовского моря. Также стоит отметить, что в следствие работы ВЭМУ на малых скоростях она не генерирует в окружающую среду инфразвуков, и не оказывает вредного воздействия на птиц и животных.

Недавно был образован консорциум европейских компаний и лабораторий для завершения исследований и сооружения первой демонстрационно-экспериментальной установки ВЭМУ. Консорциум координируется испанской промышленной компанией IDESA (<http://www.idesa.net/>). В консорциум приглашаются ещё партнеры из числа ветроэнергетических и работающих на шельфе компаний.

Комбинированное использование ВЭМУ и опреснительных установок является конструктивным решением проблемы вододефицита

северных районов Крыма. Ввиду своей независимости от общей энергосистемы, экономичности и экологичности.

Список используемой литературы:

1. Jonkman, J, Butterfield, S, Musial, W. and Scott, G. "Definition of a 5MW Reference Wind Turbine for Offshore System Development." Technical Report NREL/TP-500-38060. 2009
2. Borgen, E. "Floating Wind Power in Deep Water - Competitive with Shallow-water Wind Farms?" Modern Energy Review, 2010, Vol 2, No 1, pp 49 - 53.

УДК 621.039.566.2

Г.Н. Славинский, студент 2-го курса; В.В. Колодяжный, к.т.н., доцент

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ САМОЗАПУСКА ЭД СОБСТВЕННЫХ НУЖД АЭС

Актуальность темы. Технологическая автономность мощного энергоблока по-новому поставила вопросы необходимости обеспечения надежности работы собственных нужд как с точки зрения выбора схем электропитания, так и бесперебойности работы агрегатов в переходных и аварийных режимах. Одним из таких вопросов является рассмотрение возможностей и способы обеспечения самозапуска ответственных электродвигателей собственных нужд энергоблоков АЭС.

Состояние вопроса. Одной из основных задач электроэнергетики является повышение надёжности электроснабжения страны. Составная часть этой задачи заключается в обеспечении надёжной работы систем собственных нужд (СН), определяющих устойчивость работы генерирующих узлов энергосистем. Для обеспечения безаварийной работы названных систем требуется проведение экспериментально-расчетного исследования переходных режимов их работы, возникающих при коротком замыкании (к.з.), переключениях источников питания, пусках и переключениях электродвигателей и др. Поэтому расчётные методы должны обеспечивать точность расчётов и возможности моделирования требуемых практикой проектирования и эксплуатации электростанций сложных каскадных режимов.

Поэтому к расчётным методам исследования предъявляются требования, как в отношении точности расчётов, так и возможности моделирования

требуемых практикой проектирования и эксплуатации электростанций сложных каскадных режимов.

Таким образом, исследование переходных процессов в системе СН тепловых электрических станций, требуемое для повышения надёжности их работы, является актуальной задачей.

Реализация.

Рассмотрены параметры и характеристики асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором, составляющих основную часть нагрузки СН. Большое многообразие типов и сложность получения достоверных исходных данных определило необходимость создания для них базы данных.

В работе показано, что погрешности исходных данных АД приводят в ряде случаев к неверному суждению о пригодности схем питания СН с точки зрения обеспечения успешного самозапуска АД.

Рассмотрены методы получения параметров АД, используемых в расчетах электромеханических переходных процессов. Дана количественная оценка двум основным группам методов, основанных на формуле Клосса и эквивалентных схемах замещения АД с параметрами, зависящими от скольжения.

Сделан вывод о необходимости создания математического обеспечения и баз данных АД, которое бы позволило использовать разнотипные исходные данные двигателей, получаемые в справочной литературе, расчетным или экспериментальным путём с использованием различных методов исследования.

Рассмотрены способы моделирования основных элементов системы СН АЭС и методы получения параметров асинхронных двигателей (АД), используемых в расчетах электромеханических переходных процессов. Рассмотренные методы не позволяют получить удовлетворительные результаты аппроксимации исходных характеристик для ряда типов АД из-за принятых фиксированных зависимостей изменения добавочного момента от скольжения.

Этим же недостатком обладают многие методы, основанные на расчёте параметров эквивалентных схем замещения с фиксированными зависимостями сопротивлений ротора от скольжения. Изменение формы характеристики вращающего момента в среднем диапазоне скольжений, необходимое для получения удовлетворительных условий аппроксимации, стало возможным лишь после введения изменяемых зависимостей сопротивлений АД от скольжения.

Проведенные многочисленные расчёты показали, что удовлетворительные результаты аппроксимации характеристик АД различных типов получаются при двухконтурной схеме замещения цепи ротора. Для повышения точности в отдельных случаях количество контуров увеличивалось до 3, 4, что однако, не приводит к усложнению алгоритма расчёта переходных процессов.

Отмечены преимущественные возможности пакета моделирования Power System Blockset системы "MATLAB+Simulink" и на его основе выполнена разработка имитационной модели. С этой целью был сделан анализ существующих методов, алгоритмов и программ расчета на ЭВМ переходных процессов в системах СН АЭС.

В качестве примера для асинхронного двигателя ДАЗО-19-10-12 ($P_N = 1700$ кВт, $U_N = 6$ кВ, $\cos \varphi = 0.8$, $\eta = 0.9435$, $S_N = 0.008$, $K_i = 4.5$, $m_p = 0.8$, $m_m = 2.25$) были получены зависимости роторных сопротивлений от скольжения, которые приведены на рис. 1.

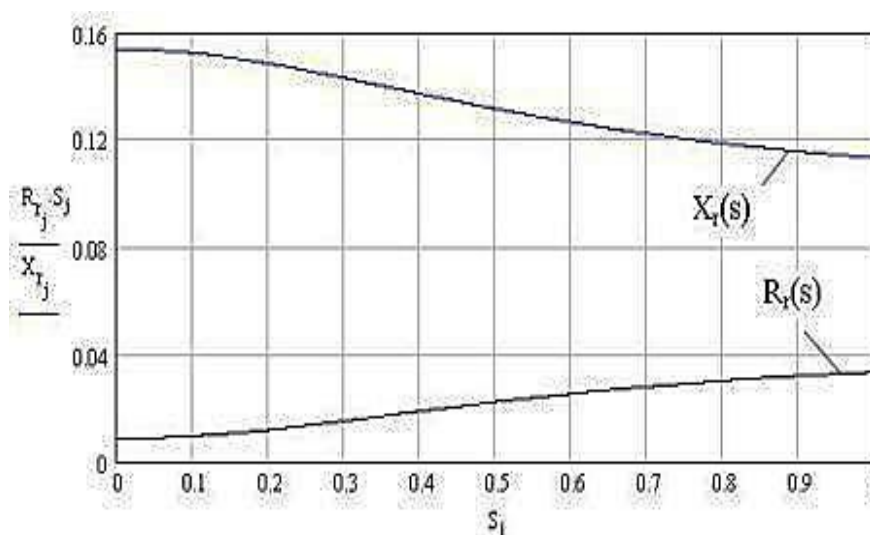


Рисунок 1 – Зависимость параметров схемы замещения для ДАЗО-19-10-12

Основной программой является пакет прикладных программ Matlab в среде Simulink. Для моделирования сложных каскадных режимов ее алгоритм предусматривает расчленение анализируемого режима на отдельные подрежимы, отличающиеся различным состоянием расчетной схемы за счет выполненных коммутаций ее элементов или шунтов к.з.

В качестве примера рассмотрим расчет группового самозапуска электродвигателей (ЭД) 0.4 кВ секций 1-Б (3-Б) и 2-Б (4-Б) блока при нарушении питания продолжительностью 1.0 с при следующих условиях: повреждение ТСН-1 (ТСН-2) во время пуска (остановки) блока, по условию,

когда работает ПМН и могут работать СМН и МНВПУ, которые принимают участие в самозапуске в этом случае. Питание подается от резервного шинопровода 0,4 кВ, резервный трансформатор ТСН-6 отключенный и резервное питание осуществляется от рабочего трансформатора ТСН-3 по схеме неявного резерва.

Расчетная схема этого варианта приведена на рис. 2:

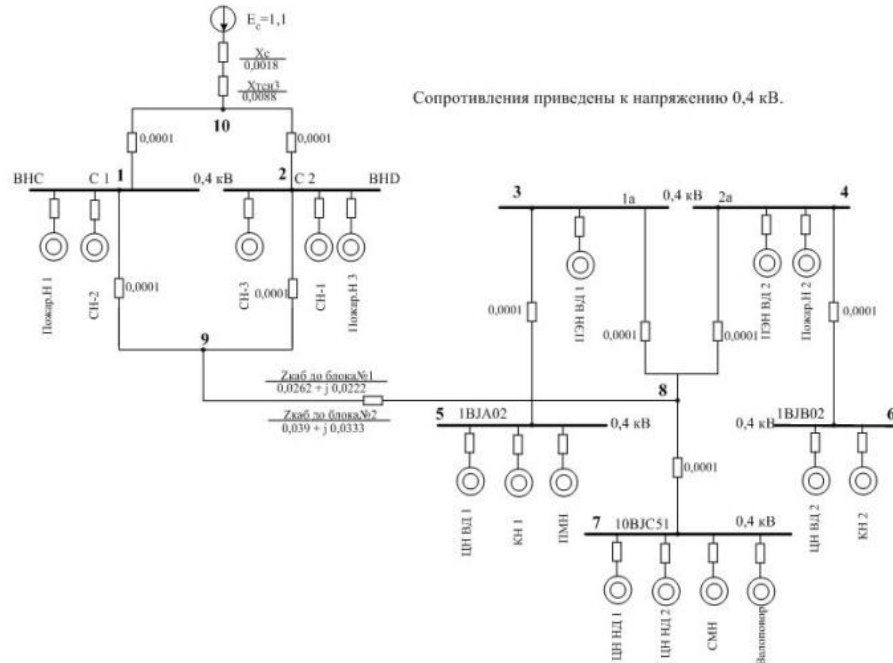


Рисунок 2 - Расчетная схема

Результаты расчета в виде зависимостей от времени частот вращения агрегатов СН, напряжений и токов секций с двигательными нагрузками, изменение сопротивлений секций приведены на рис. 3- 6.

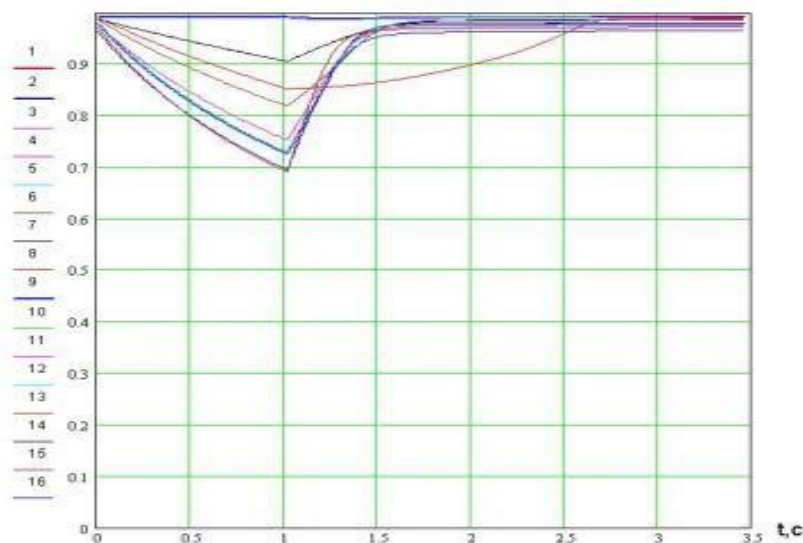


Рисунок 3 – Изменение частоты вращения (о.е.) 0.4 кВ АЭС в процессе самозапуска АД после перерыва питания продолжительностью 1 с

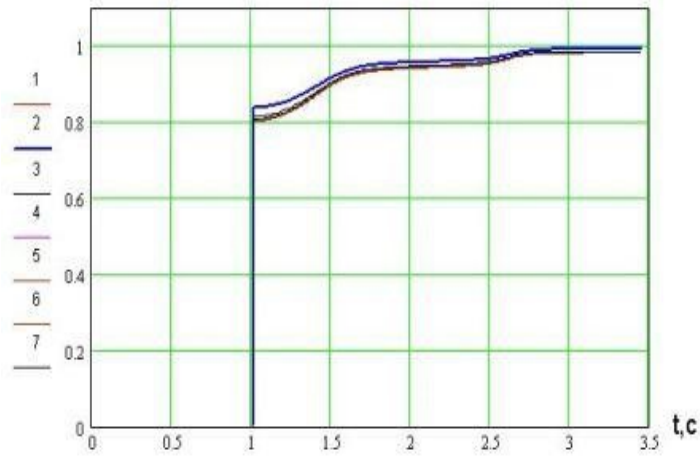


Рисунок 4 – Изменение напряжения (о.е.) в узлах расчетной схемы 0.4 кВ АЭС в процессе самозапуска АД после перерыва питания продолжительностью 1 с

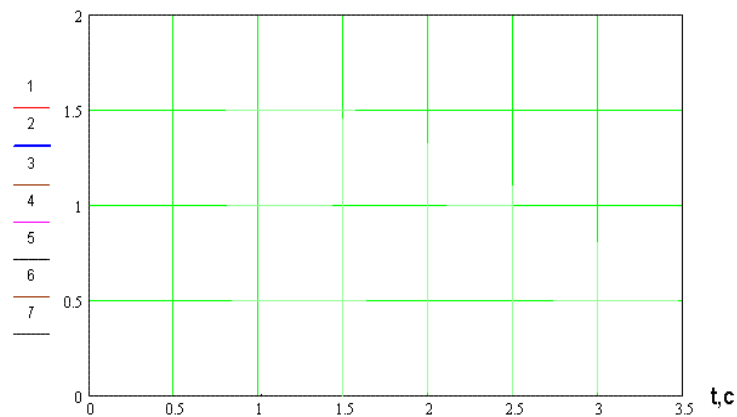


Рисунок 5 – Изменение токов секций СН (кА) в процессе самозапуска АД после перерыва питания продолжительностью 1 с (анимация: 7 кадров, 7 повторений,)

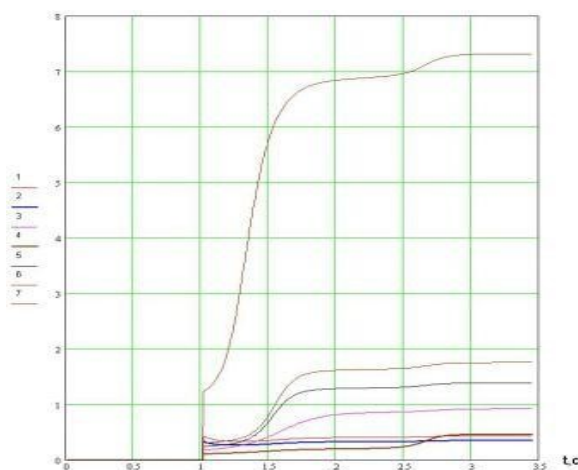


Рисунок 6 – Изменение сопротивлений СН (Ом) в процессе самозапуска АД после перерыва питания продолжительностью 1 с

Выводы:

1. Существующие методы и программы расчета на ЭВМ не в полной мере удовлетворяют растущим требованиям практики проектирования, наладки и эксплуатации современных мощных электростанций. Увеличение количества расчетов переходных процессов в системах с.н. электростанций и повышение сложности структуры расчетов требуют повышения эффективности программного обеспечения этих задач.

2. Разработанная имитационная модель, включающая информационную базу данных для асинхронных двигателей и приводных механизмов СН, а также программы расчета режимов с улучшенными вычислительными характеристиками, позволила выполнить расчеты режимов самозапуска механизмов собственных нужд АЭС.

Литература.

4. Сивокобиленко В.Ф., Павлюков В.А. Розрахунок параметрів заступних схем і пускових характеристик глибокопазних асинхронних машин// Електричество, 1979, №10, с. 35 – 39.

5. Сивокобиленко В.Ф., Костенко В.И. Математичне моделювання електродвигунів власних потреб електричних станцій. Донецьк, ДПІ, 1979. – 110 с.

6. Сивокобиленко В.Ф. Перехідні процеси у багатомашинних системах електропостачання електростанцій. Уч. посібн, Донецьк, ДПІ, 1984. - 116 с

7. Георгіаді В. Х. Методика розрахунку режимів перерви живлення і самозапуску електродвигунів 3-10 кВ власних потреб електричних станцій спрощеними методами. – М.: СПД ОРГРЕС, 1993 р, - 139 с.

8. Методичні вказівки до випробування ЕД власних потреб електричних станцій і розрахунку режимів їх роботи при перервах живлення. Під редакцією Георгіаді В. Х.: – М.: СПД Союзтехенерго, 1983 р, 2 частина.

9. Ойрех Я. А., Сивокобиленко В.Ф. Режимы самозапуска асинхронных двигунів. - М.: Энергия, 1974. – 96с.

10. Сиромятніков И.О. Режимы работы асинхронных і синхронных двигунів / Під ред. Л.Г. Мамиконянца :– М.: Енергоатомвидавн, 1984. – 240 с.

11. Георгиади В.Х. Поведение энергоблоков ТЭС при перерывах электроснабжения собственных нужд – М.: НТФ “Энергопрогресс”, 2003. – 88 с.; ил. [Библиотека электротехника, приложение к журналу “Энергетик”; Вып. 6 (54)].

12. Лирин В.Н., Георгиади В.Х. Методические указания по испытаниям электродвигателей собственных нужд электростанций и расчетам режимов их работы при перерывах питания – М.: СПО “Союзтехэнерго”, 1982г. – [Часть1, Часть2].

13. Баков Ю.В. Проектирование электрической части электростанций с применением ЭВМ: Уч. пособ. – М.: Енергоатомвидавн, 1991. – 272 с.

УДК 621.311

Ищенко А.А., студент 4-го курса. Слюсаренко В.Г., Доцент кафедры возобновляемые источники энергии и электрические системы и сети.

РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ С ПОМОЩЬЮ MATLAB

Подойдя к истокам создания электричества, было неизвестно множество факторов, влияющих на это явление. Постепенно человечество изучало его и с каждым открытием приближалось к созданию неотъемлемой для нынешнего времени средства, для улучшения нашей жизни.

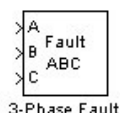
Для расчета энергосистемы, требовалось огромное количество времени, что бы она работала бесперебойно и могла реагировать на любые изменения. Не всегда расчеты приводили к правильному решению, что приводило к сбоям в системе. С появлением компьютерных технологий процесс расчета в разы упростился, и стало наглядно, как происходят процессы в ней. Наглядным примером является пакет прикладных программ MATLAB. В нем заключено огромное количество элементов для моделирования, создания алгоритмов и т.п. В нашем случае для расчета

токов короткого замыкания нам требуется интегрированная в MATLAB графическая среда Simulink.

Simulink – это графическая среда имитационного моделирования, позволяющая при помощи блок-диаграмм в виде направленных графов, строить динамические модели, включая дискретные, непрерывные и гибридные, нелинейные и разрывные системы. В нем мы можем спроектировать модель энергосистемы и проанализировать ее работу, проверив параметры при различных режимах и параметрах.

Одной из главных проблем в энергосистемах являются короткие замыкания (электрическое соединение двух точек электрической цепи с различными значениями потенциала, не предусмотренное конструкцией устройства и нарушающее его нормальную работу) и последствия после них.

Для моделирования короткого замыкания существует элемент под названием **3-Phase Fault**, который имеет следующий вид в программе:



Он моделирует трехфазное устройство, замыкающее фазы между собой, а также на землю. Величина сопротивления заземления устанавливается равной $10^6 \Omega$, если замыкание на землю не задано в окне параметров блока. Схема устройства показана на рисунке 1

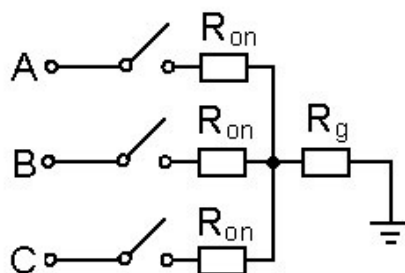


Рисунок 1 – Схема трёхфазного устройства

На рисунке 2, приведенном ниже, показана схема, с использованием трехфазного короткозамыкателя. В момент времени 0.02с производится межфазное короткое замыкание. Управление устройством осуществляется с помощью блока Step. Измерение фазных токов выполняется блоком Multimetr.

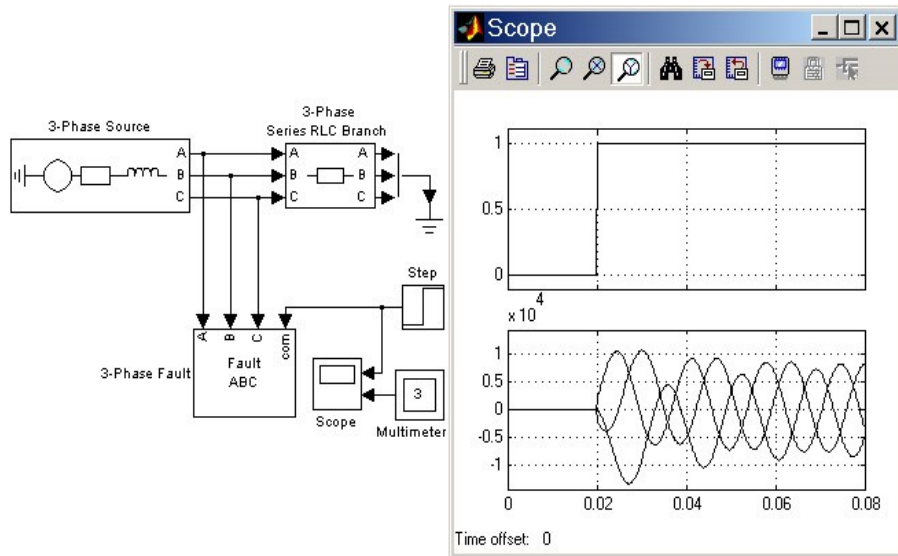


Рисунок 2 - Схема с использованием трехфазного короткозамыкателя

В данной работе рассматривается моделирование короткого замыкания в наиболее распространённой энергосистеме представленной на рисунке 3 (принципиальная электрическая схема) и на рисунке 4 (Схема моделирования в **Matlab**).

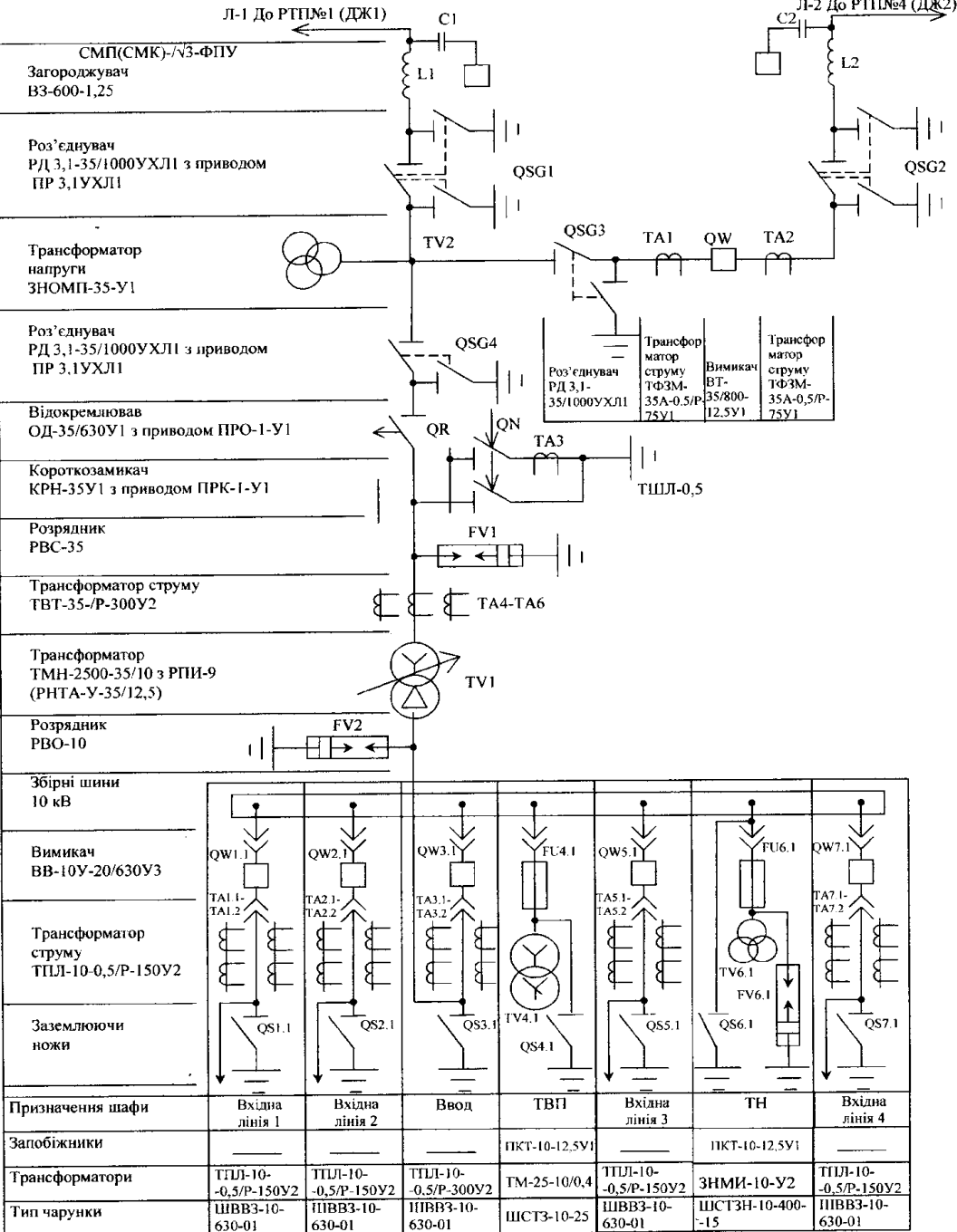


Рисунок 3 - Принципиальная электрическая схема первичной коммутации подстанции 35/ 10 кВ .

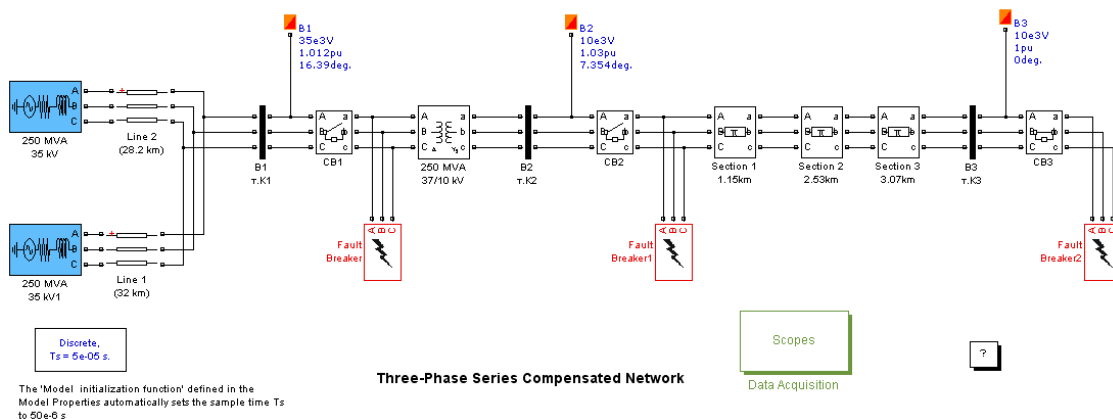


Рисунок 4 - Схема моделирования в Matlab

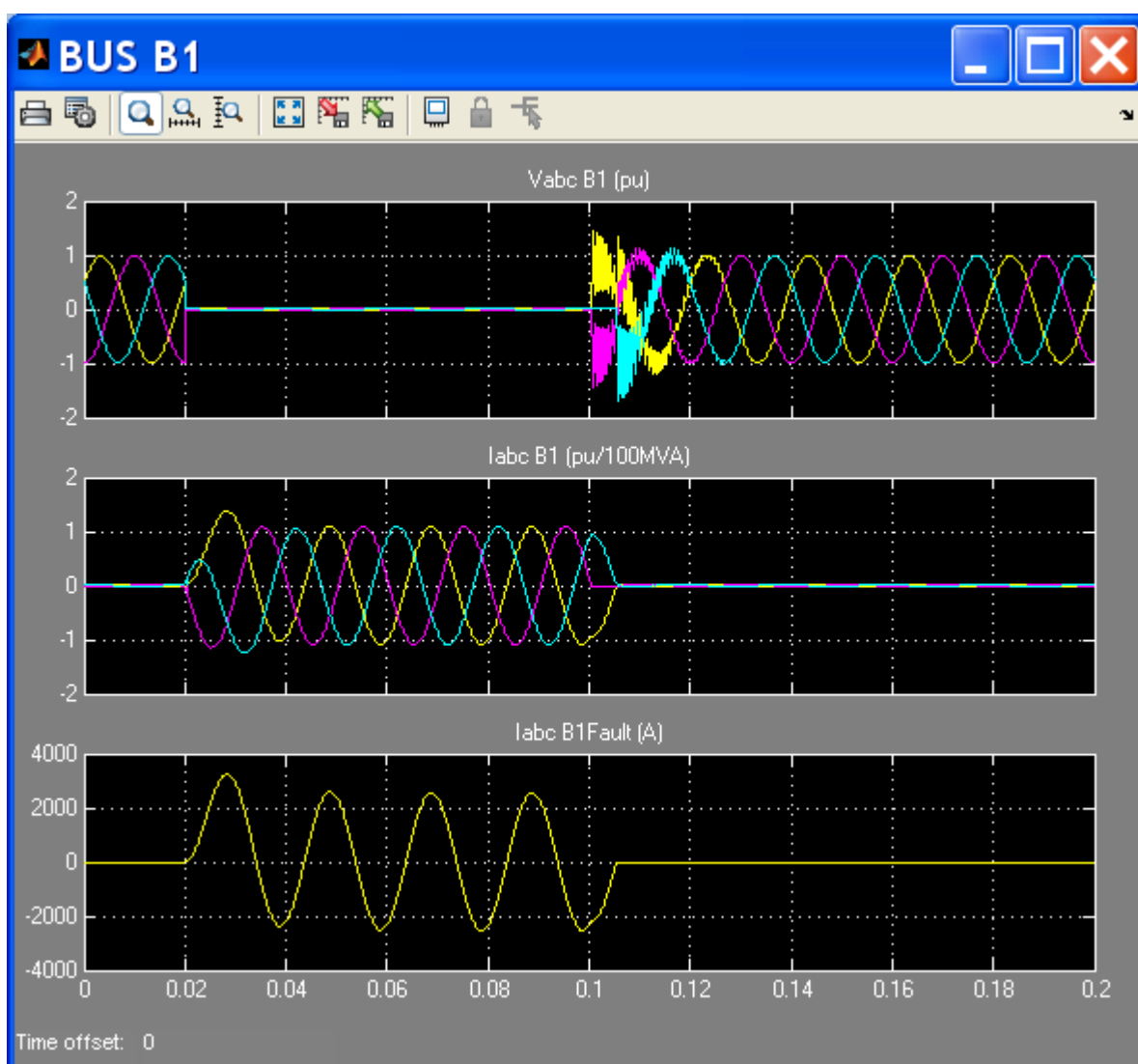


Рисунок 5 - Графики моделирования в MATLAB

УДК 681.586.67

Л.Л. Шевцов, студент 2-го курса; Е.В. Гусева, к.т.н., доцент

**МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ В ЧАСТИ
УСТАНОВКИ ЦИФРОВЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ СЕНСОРОВ**

Актуальность темы. Характерной чертой мирового развития информационных и управляющих систем конца XX – начала XXI века является все более широкое применение во всех сферах жизнедеятельности датчиков (сенсоров) разнообразных физических величин. Датчики применяются в промышленном контроле, в автоматизации производственных процессов, в автомобильном, авиационном и железнодорожном транспорте, ракетно-космической и авиационной технике.

Сенсоры становятся основными элементами, определяющими технический уровень и стоимость информационных и управляющих систем. При этом помимо высоких метрологических характеристик датчики должны обладать высокой степенью надежности, долговечности, стабильности, малыми габаритами, массой и энергопотреблением.

Состояние вопроса. В настоящее время существует приблизительно следующее распределение доли измерений различных физических величин в промышленности: температура – 50%, расход (массовый и объемный) – 15%, давление – 10%, уровень – 5%, количество (масса, объем) – 5%, время – 4%, электрические и магнитные величины – менее 4%. Из этого распределения наглядно видно, что в современном промышленном производстве наиболее распространенными являются измерения температуры (так, на атомной электростанции среднего размера имеется около 1500 точек, в которых производится такое измерение, а на крупном предприятии химической промышленности подобных точек присутствует свыше 20 тыс.). Широкий диапазон измеряемых температур, разнообразие условий использования средств измерений и требований к ним определяют, с одной стороны, многообразие применяемых средств измерения температуры, а с другой стороны, необходимость разработки новых типов первичных преобразователей и сенсоров, удовлетворяющих возрастающим требованиям к точности, быстродействию, помехоустойчивости. Впрочем, число видов температурных сенсоров, существующих в наши дни, также достаточно велико; обо всех этих разновидностях и пойдет речь в данной статье.

Применение цифровых сенсоров.

Новые микроэлектронные цифровые температурные сенсоры позволяют поддерживать в заданных пределах температуру внутри электронной аппаратуры, особенно в силовых модулях. Особенности использования таких сенсоров рассмотрены в данной статье. Одной из основных тенденций в развитии электронной аппаратуры является уменьшение ее размеров. В системах управления это приводит к увеличению плотности установки электронных компонентов на поверхности печатной платы, уменьшению расстояния между печатными платами и, в конечном счете, к повышению температуры внутри устройства в целом. В силовых вентильных схемах увеличивается величина коммутируемой мощности, что приводит к увеличению температуры. Ток коммутируемый силовыми транзисторами типа IGBT и силовыми тиристорами составляет тысячи ампер, а напряжение превышает 10 кВ.

Для поддержания температуры в заданных пределах необходим постоянный температурный мониторинг и, в случае необходимости, принудительный отбор тепла. В качестве температурных сенсоров используются термисторы, термометры сопротивлений, термопары и микроэлектронные температурные сенсоры. Основные сравнительные параметры, а также преимущества и недостатки перечисленных температурных сенсоров приведены соответственно в таблице 1.

На основании данных таблицы можно заключить, что микроэлектронные цифровые температурные сенсоры имеют достаточно высокую точность в широком диапазоне температур, сравнительно невысокую стоимость и миниатюрный корпус, поэтому во многих устройствах они могут успешно заменять старые температурные сенсоры, выполненные на дискретных компонентах. По сравнению с аналоговыми цифровые температурные сенсоры не требуют дополнительных цепей для линеаризации передаточной характеристики. Они непосредственно сопрягаются с микроконтроллером, что экономит время и расходы, затрачиваемые на проектирование изделия в целом. Минимальное потребление позволяет использовать их в портативных устройствах с батарейным питанием.

Вопросы экономической целесообразности установки высокоточных температурных сенсоров можно рассмотреть по официальной, действующей Методике расчета экономического ущерба от нарушений в работе энергетического оборудования, выпущенной РАО "ЕЭС России" в 2005 г. (МТ-34-70-001-05), в п. 1.3.3 сказано, что "ущерб, нанесенный потребителям энергии в случае технологического нарушения, приводящего к прекращению или ограничению энергоснабжения, учитывается отдельной составляющей экономического ущерба в виде платежей на возмещение убытков потребителям согласно условиям в коммерческих договорах,

заключенных между энергоснабжающими организациями и потребителями энергии". Возможно, что упомянутые условия на практике могут быть существенно различными, однако в примере расчета, приведенном в этом документе, указано, что "согласно коммерческим договорам энергосистемы с потребителями энергии для возмещения убытков потребителю при отключении и ограничении электроснабжения предусмотрены платежи - в режиме внезапного отключения - в тройном размере средней цены на электроэнергию...".

Ущерб у потребителей, возникший из-за прекращения электроснабжения, как правило, зависит от продолжительности восстановительных работ по возобновлению электроснабжения и нормальной работы потребителя электроэнергии.

Таблица 1. Сравнительные параметры температурных сенсоров.

Наименование параметра	Тип сенсора			
	Термометр сопротивления	Термистор	Термопара	Микроэлектронный сенсор
Чувствительный элемент	платина	окисел металла	два разнородных металла	кремний
Измеряемый параметр	сопротивление		Напряжение	
Относительная стоимость	средняя		низкая	
Стоимость системы мониторинга	средняя	средняя	высокая	низкая
Наличие дополнительных цепей	цепи коррекции	цепи линеаризации	холодный спай	--
Диапазон измеряемых температур, °C	-200...850	-100...500	-270...1800	-55...150
Разброс параметров от	0,06...0,1	10	0,5	1

образца% к образцу $^{\circ}\text{C}$	0,3...0,2	2	2	3
Стабильность	высокая	средняя	низкая	средняя
Типовая чувствительность $\%/^{\circ}\text{C}$	0,39	4	40мкВ/ $^{\circ}\text{C}$	10мкВ/ $^{\circ}\text{C}$
Относительная чувствительность	средняя	высокая	низкая	средняя
Линейность	высокая	низкая	средняя	средняя
Тип передаточной характеристики	положительная	отрицательная	положительная	положительная
Чувствительность к шумам	низкая	низкая	высокая	низкая

Выводы. Таким образом очень приблизительный экономический анализ показывает, что затраты на приобретение и установку сенсоров значительно меньше от возможных затрат на возмещение ущерба потребителю. Это вопросы простой экономики, что касается вопросов противоаварийной автоматики, релейной защиты, ядерной безопасности, то в этой сфере энергетики потеря питания ответственными потребителями может привести к очень тяжелым последствиям, абсолютно несопоставимым с экономическими затратами на модернизацию.

Литература

4. Геращенко О.А. «Тепловые и температурные измерения», справочное руководство. К.: Накова думка, 1965, 304 с.
5. Михайлов П.Г. «Микроэлектронные датчики, особенности конструкций и характеристик / Приборы и Системы. Управление, контроль, диагностика». – 2004, 352 с.

УДК 621.311

М.А.Боровик, студентка 3 курса; ст. преподаватель В.В. Смирнов.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ЛЭП

Широкое применение находила изоляция из пропитанной бумаги и резины:

- Изоляция из пропитанной бумаги вязким или нестекающим пропиточным составом. В настоящее время область её использования снижается. Допустимое напряжение для такого типа изоляции - не более 35 кВ. Среди явных минусов - нестойкость бумаги к любым внешним воздействиям.

- Изоляция из резины на основе натурального и бутадиенового каучуков.

Резина обеспечивает износоустойчивость, защиту от коррозии, водонепроницаемость, а также является электроизоляционной оболочкой. Преимуществом резиновой изоляции проводов и кабелей является достаточно высокая гибкость. Кабели и провода с резиновой изоляцией предназначены для передачи и распределения электрической энергии в стационарных установках на номинальное переменное напряжение 0,66 кВ переменного тока частоты 50 Гц или 1,0 кВ постоянного тока.

В данное время широкое распространение получила изоляция из ПВХ(поливинилхлорида) и СПЭ (сшитого полиэтилена):

- ПВХ изоляция. Провода и кабели с такой изоляцией применяются для электрических установок при стационарной прокладке в осветительных и силовых сетях, а также для монтажа электрооборудования. Поливинилхлоридная изоляция обычно используется для изоляции кабелей, но она не рассчитана на сильные морозы и вредное воздействие ультрафиолета. Для защиты от солнца кабель прокладывают в трубах.

- Изоляция из сшитого полиэтилена. В данную группу входят провода и кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена, предназначенные для передачи и распределения электроэнергии в стационарных установках в электрических сетях на напряжение 10-110 кВ переменного тока частотой 50 Гц с неограниченной разностью уровней. Изоляция из полиэтиленов высокой или низкой плотности отличается высокой стойкостью к воздействию химической или иной агрессивной среды. Вулканизированный полиэтилен не боится и перепадов температур, а вот обычные виды полиэтиленовой изоляции при нагревании нестабильны. Именно поэтому

они не рекомендуются для использования в условиях повышенных температур.

Перспективным видом изоляции на данный момент является изоляция из фторопласта:

- Фторопластовая изоляционная прослойка проводов и кабелей - одна из самых надёжных. Обладает значительными механическими, химическими и электрическими характеристиками. Наложение покрытия производится путем обмотки лентами и дальнейшим запеканием. Минус изоляционного покрытия – трудоемкость его изготовления.

Вывод: От прочности и надежности изоляции зависит срок службы, используемое напряжение, допустимая температура нагрева, нагрузочная и пропускающая способность.

Бумажно-пропитанная изоляция утрачивает позиции на рынке, так как на замену приходят более модернизированные изоляционные материалы. самой наилучшей изоляцией из возможных, на данный момент является изоляция из сшитого полиэтилена (СПЭ), и она наиболее используется, так как допустимый нагрев и пропускная способность на порядок выше, чем у остальных представленных видов изоляции. Изоляцией ЛЭП в будущем может стать фторопластовая изоляция. Она является самой надежной на данный момент, но проблема ее внедрения для широкого использования – трудоемкость и дороговизна изготовления.

Литература:

1. Виды изоляции кабелей и проводов. <http://electricalschool.info/main/kabel/970-vidy-izoljacii-kabelej-i-provodov.html>
2. Виды изоляции силовых кабелей и проводов. http://www.energetik-ltd.ru/statii/statii6/vidi_izolyacii_silovih_kabelej_i_provodov