

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»

***Молодая мысль –
развитию энергетики***

Материалы VII (XXII) Всероссийской научно-технической
конференции студентов, магистрантов и аспирантов
15-20 апреля 2022 года

Братск
Братский государственный университет
2022

УДК 621, 681.5

Молодая мысль – развитию энергетики: материалы VII(XXII) Всероссийской научно-технической конференции студентов и магистрантов. – Братск: БрГУ, 2022. – 290 с.

Материалы конференции отражают основные результаты научно-исследовательской работы обучающихся высших учебных заведений России и ближнего зарубежья в 2021/22 гг по направлениям подготовки в области энергетики, автоматике, управления и информатики, связи.

Оргкомитет:

*Т.Н. Яковкина, канд. техн. наук, доцент,
декан факультета энергетики и автоматике*

*Ю.Н. Булатов, канд. техн. наук, доцент,
зав. кафедрой энергетики*

*Т.А. Григорьева, канд. техн. наук, доцент,
и.о. зав. кафедрой управление в технических системах*

*Д.Б. Горохов, док. техн. наук, профессор,
зав. кафедрой информатики, математики и физики*

*Струмеляк, канд. техн. наук, доцент кафедры энергетики,
зам. декана ФЭиА по научной работе.*

© ФГБОУ ВО «БрГУ», 2022

СОДЕРЖАНИЕ

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА.....	8
П.В. Юдин, В.Н. Шевченко МОНТАЖ РОТОРА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛАЗЕРНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ.....	8
Р.Р. Мухаметшин ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДОРОДА В КАЧЕСТВЕ ОСНОВНОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ ПРИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИИ В УСЛОВИЯХ НЕДОСТАТКА ТРАДИЦИОННЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ.....	11
Д.Е. Бахмисов ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ ТРЕБОВАНИЙ ВРЕМЕНИ НАСЫЩЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА.15	15
С.Ж. Жылдызбеков АНАЛИЗ МЕТОДА ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ИЗОЛЯЦИИ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ.....	20
Д.А. Коневец ДИАГНОСТИКА И МОНИТОРИНГ ИЗОЛЯТОРОВ ЛЭП НАПРЯЖЕНИЕМ 110Кв.....	24
Д.А. Коневец КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ 110 Кв.....	26
М.С. Волков, А.В. Яковкина, В.К. Мазур РАЗРАБОТКА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ АПРОБАЦИИ АЛГОРИТМОВ ПОИСКА ТОЧКИ МАКСИМАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ «ЕРА».....	28
Д.И. Смирнова ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ СЧЕТЧИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ.....	34
Д.Г. Смирнова СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ БИОГАЗА ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ.....	36
П.В. Юдин, В.Н. Шевченко ОРГАНИЗАЦИЯ ОСВЕЩЕНИЯ АВТОДОРОГИ ПРАВОБЕРЕЖНОЙ ПЛОТИНЫ БГЭС И РАЗРАБОТКА РЕШЕНИЯ ПО УСТАНОВКЕ ОПОР ОСВЕЩЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СООРУЖЕНИЯ.....	40
Д.О. Литвинцев ОБЗОР МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ.....	46
М.С. Доброклонская АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РАСЧЁТНЫХ ПРОГРАММ НЕОБХОДИМЫЙ ДЛЯ ПРОГРАММНОГО РАСЧЁТА ПЕРЕДАЮЩЕГО БЛОКА С ТРАНСФОРМАТОРОМ ТЕСЛА ОДНОПРОВОДНОЙ РЕЗОНАНСНОЙ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ.....	50
А. Ш. Файзуллина СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОДВЕСНЫХ ИЗОЛЯТОРОВ.....	58

А. Д. Юдин ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ, ОТРАБОТАВШИХ НОРМАТИВНЫЙ СРОК СЛУЖБЫ.....	63
В.Р. Акмалтдинова ВЫБОР СИСТЕМ МОНИТОРИНГА СИЛОВЫХ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ.....	65
А.С. Попов БЫСТРОВОВОЗВОДИМЫЕ КОМПОЗИТНЫЕ ОПОРЫ.....	67
Р.Н. Гаврилюк ПРОБЛЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО УСТАРЕВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ АВТОМАТИКИ НАСОСНЫХ ОСУШЕНИЯ ПЛОТИНЫ ГЭС.....	69
В.Н. Винокуров, Д.Р. Мячин, М.А. Шумихин GLOWEE – ТЕХНОЛОГИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ В КАЧЕСТВЕ ОСВЕЩЕНИЯ.....	71
Н.А. Морозова, Н.А. Морозов, Н.С. Кузьминова АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ КОНТРОЛЯ НЕНОРМИРОВАННОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ПРИМЕРЕ ГАРАЖНОГО КООПЕРАТИВА «АВТОЛЮБИТЕЛЬ-2» Г. БРАТСКА.....	75
Ю.С. Макарова, К.А. Виноградова, Д.С. Выборнов ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ВОЛНЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ОСТРОВА БУРНИНА.....	81
Я.С. Кошмелюк АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ В 2021 ГОДУ.....	86
Н.С. Кузьминова, Н.А. Морозова, Н.А. Морозов ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ЦИФРОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ.....	91
Р.Н. Гаврилюк ЗАЩИТА ОТ МЕХАНИЧЕСКОГО РАЗРУШЕНИЯ НАСОСОВ ОСУШЕНИЯ ПЛОТИНЫ ГЭС ВСЛЕДСТВИЕ «СУХОГО» ХОДА.....	96
ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА.....	98
К.Л. Хусаинова ПЕРСПЕКТИВЫ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ.....	98
А.А. Азнабаева ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ.....	100
Л.А. Попова, А.А. Трофимова ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ.....	103
Г.Р. Мустафина ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА БИОГАЗА.....	106
Р.Р. Даутов МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ЖИЛОГО ЗДАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕПЛОВОГО НАСОСА НА ДИОКСИДЕ УГЛЕРОДА.....	108
Н.А. Зубарев АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ВИБРОДИАГНОСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ.....	112

В.С. Храпова, П.Р. Кузьмич, С.В. Минеева ВОДОРОДНОЕ ТОПЛИВО КАК СПОСОБ ПЕРЕХОДА К БЕЗУГЛЕРОДНОЙ ЧИСТОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ.....	115
Д.А. Беленкова ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ.....	120
И.Д. Якупова ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ МАЛОЭТАЖНОЙ ЗАСТРОЙКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕПЛОВОГО НАСОСА.....	122
Л.Д. Анпилогов ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ.....	124
И.М. Гатауллина ПРИМЕНЕНИЕ БЛОЧНО-МОДУЛЬНОГО ИНДИВИДУАЛЬНОГО ТЕПЛОВОГО ПУНКТА.....	127
П.Е. Глухова ТЕПЛОВОЙ НАСОС КАК ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЙ ИСТОЧНИК ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ.....	129
И.М. Гатауллина СНЕГОПЛАВИЛЬНАЯ СТАНЦИЯ НА ОСНОВЕ ТЕПЛОВОГО НАСОСА.....	132
А.А. Носиков, В.П. Федяев ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ.....	135
И.Н. Киреева, М.И. Погодаев ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОЧИХ АГЕНТОВ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЫ.....	138
М.Д. Блязиков ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МВС НА РАБОТУ ПАРОВОГО КОТЛА.....	143
Т.Р. Абдуллин РАСЧЁТ ЧАСТОТ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ НА ОПОРНОМ ТРУБОПРОВОДЕ.....	147
М.И. Погодаев, И.Н. Киреева ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПНЕВМОСИСТЕМ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	152
В.Д. Юровская ВЫЯВЛЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ЗДАНИЯ ПРИ ПОМОЩИ ТЕПЛОВИЗИОННОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ.....	157
С.Д. Алугин ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧНОСТИ СЖИГАНИЯ ТОПЛИВА В ПИРОЛИЗНОМ КОТЛЕ.....	162
Г.Р. Мустафина ПРОЦЕСС ПОЛУЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО ТОПЛИВА В БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКЕ.....	167
И.Н. Киреева, М.И. Погодаев ИЗОХОРНАЯ ТЕПЛОЕМКОСТЬ ХЛАДАГЕНТОВ И ИХ СМЕСЕЙ НА ЛИНИИ ФАЗОВОГО РАВНОВЕСИЯ.....	170
УПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ.....	176
А.М. Малых, Д.Э. Сар ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РОБОТОТЕХНИКИ В РОССИИ.....	176
А.Ю. Баева СОЗДАНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА MasterSCADA.....	179

А.Ю. Баева, А.А. Дунаева, А.М. Ламбина СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В СИСТЕМЕ ОТОПЛЕНИЯ ШКОЛЫ.....	185
Р.М.Билалов СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ.....	188
Р.М. Билалов ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ДАВЛЕНИЯ ВОДОРОДА В КОЛЛЕКТОРЕ ЦЕХА №1 ХЛОРНОГО ЗАВОДА.....	192
А.А. Благирев АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОДШИПНИКОВ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ НА ТЭЦ-6.....	195
Е.Н. Дудин ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ НАСОСНОЙ ТЕЛА ПЛОТИНЫ БГЭС.....	199
М.С. Мареев, В.В. Доронин ИССЛЕДОВАНИЕ ГИБКОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТАМИ В АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИИ.....	205
М.А. Наумович, К.Р. Юдин, А.А. Кононов МОДЕЛИРОВАНИЕ МУЛЬТИАГЕНТНОЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ В СЕТИ С ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИЕЙ.....	209
В.А. Приходько, А.П. Кузнецов ИССЛЕДОВАНИЕ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ СВАРОЧНЫХ РАБОТ.....	215
А.А. Тасенко ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ПОЛНОГО ЗАКРЫВАНИЯ РЕГУЛИРУЮЩЕГО КЛАПАНА НА ОБРАТНОМ ТРУБОПРОВОДЕ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ.....	219
А.С. Четвертнов ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПАРА НА ВЫХОДЕ КОТЛА ТП-81 ФИЛИАЛ ООО «БЭК» ТЭЦ-9 Г. АНГАРСК.....	222
А.С. Четвертнов СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ДЛЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ.....	225
ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....	
А.Х. Баймурзин ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ МОНИТОРИНГ СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И ПЕРСОНАЛА.....	229
И.А. Васильев ВИТАЯ ПАРА 8 КАТЕГОРИИ.....	231
Т.А. Горбунова ЭВОЛЮЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ.....	234
А.О. Князева МЕТОДЫ ДОСТУПА К ОБЩЕМУ КАНАЛУ В БЕСПРОВОДНЫХ ЛОКАЛЬНЫХ И СОТОВЫХ СЕТЯХ.....	236

В.Е. Купреев ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИРУЮЩИМ ЗВЕНОМ.....	241
М.С. Куценко, Д.А. Замышляйченко ВЫБОР ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ВОЛС.....	245
А.Н. Кузнецов ТЕХНОЛОГИЯ 6G.....	249
Д.И. Фарутин РАЗВИТИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМЕ ВСЕМИРНОЙ ПАУТИНЫ ИНТЕРНЕТ.....	251
О.О. Быргазова ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ (ПРОЕКТНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ) ПРАКТИКИ В АО «СВЯЗЬТРАНСНЕФТЬ» - «ПРИБАЙКАЛЬСКОЕ ПТУС» ОБУЧАЮЩИХСЯ НАПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ 11.03.02 ИТиСС.....	255
ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ...	261
В.Е. Васьков, Н.А. Мошковский ИЗУЧЕНИЕ API СЕРВИСА «ЯНДЕКС.МУЗЫКА».....	261
В.В. Гайдабура, А.С. Позднякова, В.С. Давиденко ОБЗОР АЛГОРИТМОВ ШИФРОВАНИЯ.....	263
М.С. Кожевников, Д.Ю. Бодунов, С.А. Стенечкин ВАРИАНТ АНАЛИЗА ТЕПЛОВИЗИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНСФОРМАТОРА..	269
Ю.С. Свергунова ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЯЗЫКА PYTHON.....	274
А.В. Хощенко, Д.В. Каримуллин РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ.....	277
А.К. Шульгина СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДИК ТЕСТИРОВАНИЯ НА ПРОНИКНОВЕНИЕ.....	279
А.В. Брюханов ПОДРОБНЫЙ ОБЗОР И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИБЛИОТЕКИ PYTHON CONTROL SYSTEMS LIBRARY ДЛЯ АНАЛИЗА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ.....	285

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Руководитель секции зав. кафедрой энергетики
кандидат технических наук, доцент Ю.Н. Булатов

П.В. Юдин¹, В.Н. Шевченко²

ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»
г. Братск, Zloazazin@yandex.ru¹, vovashevchenko.01@mail.ru²

МОНТАЖ РОТОРА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛАЗЕРНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ

В данной работе предложен метод установки ротора в статор с помощью системы лазерных дальномеров, обеспечивающих точное измерение расстояния до объекта и своевременное выравнивание в горизонтальное положение.

Установка ротора является наиболее ответственной монтажной операцией, определяющей симметрию магнитного потока гидроагрегата. Отклонение от устойчивого положения означает о децентрированности ротора на валу, что приведет к быстрому износу механической части гидротурбины и появление аварийных ситуаций [3].

Одна из ключевых проблем установки ротора – его вес, который может достигать до 800 тонн, что в свою очередь требует постоянного контроля горизонтального положения.

Несмотря на активное развитие автоматизированных технологий, многие монтажные работы с ротором на предприятиях осуществляются отработанным комплексом мероприятий, без участия каких-либо высокопроизводительных устройств. Один их таких мероприятий – выверка горизонтального положения ротора при установке в гидроагрегат. Современные методы установки правильного положения ротора являются по времени затратными, опасными и не точными, так же задействовано большое количество людей, что увеличивает риск человеческого фактора.

В качестве примера рассмотрим установку ротора привычным способом и покажем преимущества лазерного позиционирования над стандартным методом.

После сборки ротора на монтажной площадке, производится его подъем и транспортировка до кратера агрегата. Во время перемещения и опускания ротора, ремонтный персонал все время следит за горизонтальностью траверсы крана. При опускании ротора в гидрогенератор, обмотку статора предварительно защищают от повреждения с помощью 10 или 12 деревянных досок. После установки

проводят проверки воздушного зазора между ротором и статором по верху и по низу полюсов. В итоге, весь процесс занимает большое количество времени, учитывая еще и то, что вся информация по выверке передается по рациям крановщику. Это обуславливает сложность, низкую скорость и высокую травмоопасность [1].

К достоинству нынешнего метода относятся: общедоступность, простота и отсутствие специального оборудования.

Проблемы первичного способа установки ротора можно решить с помощью применения лазерного позиционирования.

Метод лазерного позиционирования относится к новой монтажной технологии, где производится точные замеры положения ротора без участия персонала, что увеличивает степень безопасности и эффективности работы.

Для измерения правильного положения ротора предлагаем использовать 7 лазерных дальномеров, 3 из которых крепятся к верхушке крана, а именно между траверсой со сдвигом относительно друг друга на 120° (рис. 1), другие 4 устанавливаются в вентиляционных каналах статора с углом 90° относительно друг друга (рис. 2).

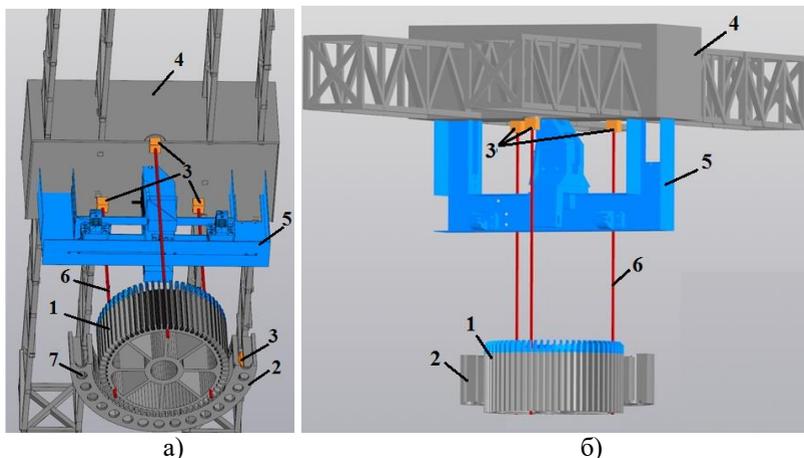


Рис. 1. схема установки лазерного дальномера
а – вид снизу, б – вид сверху

1 – ротор; 2 – статор; 3 – лазерный дальномер на кране; 4 – кран; 5 – траверса; 6 – луч лазерного дальномера; 7 – вентиляционный канал

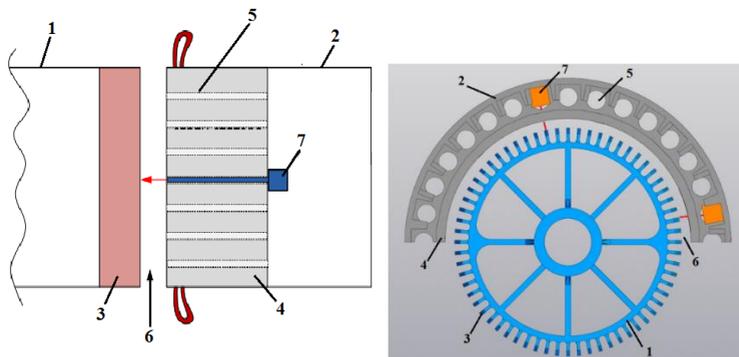


Рис.2. схема установки лазерного дальномера
 где: 1 – ротор; 2 – статор; 3 - полюс ротора; 4 – пакет активной стали статора; 5 – вентиляционный канал в статоре; 6 – воздушный зазор между статором и ротором; 7 – лазерный дальномер

Излучатель генерирует луч и создает световую отметку на поверхности объекта. Столкнувшись с препятствием, луч возвращается назад, а именно на линейный фотоприемник. Полученный сигнал преобразуется в напряжение. Затем данное напряжение преобразовывается в расстояние (мм, см, м) и передается на дисплей крановщика, который по полученным значениям начинает самостоятельно выравнять ротор. Таким образом, процесс эксплуатации будет довольно несложный и не требующий дополнительного обучения персонала, как обычно бывает при введении новой технологии [2].

Главные достоинства лазерного измерительного дальномера заключаются в способности быстрых и относительно-точных измерениях расстояния, а также высокой надежности, возможности измерений в труднодоступных местах и повышенной безопасности для ремонтного персонала.

Лазерный дальномер также можно использовать для оценки динамической устойчивости формы ротора генератора. Для этого можно определять траекторию движения ротора и оценить его состояние на полярных координатах, а также сделать графическое сравнение между динамической формы ротора и статического положения [3].

Стоимость реализации новой системы по выверки горизонтального положения будет составлять от требуемой точности прибора, дополнительных функций в нем, высоты машинного зала, а также сотрудиических связей с производителем. В связи с нынешними

ситуациями в мире, лазерный дальномер с требующими параметрами можно заказать в России и не обращаться к зарубежным поставщикам. Одной из подрядной организации может стать PRUFTECHNIK, который уже занимает лидирующее место по решениям технического обслуживания.

Таким образом, для повышения эффективности производства промышленности необходимо внедрение новых технологий, однако автоматизации на предприятиях происходит замедленными темпами. Тем не менее, используя метод монтажа ротора с применением лазерного позиционирования, мы можем обезопасить, упростить и ускорить процесс работы установки ротора.

Научный руководитель: к.т.н., доцент А.В. Струмяляк

Литература:

1) Гончаров А.Н. ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ И ЕГО МОНТАЖА // «ЭНЕРГИЯ». – г. Москва, 1972. – с 259-264.

2) Инфракрасный датчик расстояния [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://3d-diy.ru/wiki/arduino-datchiki/infrakrasnyj-datchik-rasstojanija/#Obzor>

3) Круглова Т.Н., Ярошенко И.В., Мельников М.А., Работалов Н.Н. Метод лазерной диагностики динамической формы ротора гидрогенератора // «Инженерный вестник Дона». 2015. №1. – 10 с.

Р.Р. Мухаметшин

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»
г. Казань, darthrazif@gmail.com*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДОРОДА В КАЧЕСТВЕ ОСНОВНОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ ПРИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИИ В УСЛОВИЯХ НЕДОСТАТКА ТРАДИЦИОННЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ.

По данным Ключевой Мировой Энергетической статистики (KWES) Международного Энергетического Агентства (IEA) за 2020 год традиционные источники энергии (нефть, уголь и газ) составляют более три четверти, а именно 81,6% от мирового рынка источников энергии [2].

Также, транснациональная нефтегазовая компания «British Petroleum» (BP) по данным своего ежегодного Статистического Отчета Мировой Энергетики за 2020 год (Statistical Review of World Energy) отмечает, что при текущем уровне потребления и добычи

традиционных источников энергии, при имеющихся и известных запасах, миру хватит природного газа лишь на 49,82 лет (см. рис. 1) и нефти на 49,9 лет (см. рис. 2) [1].

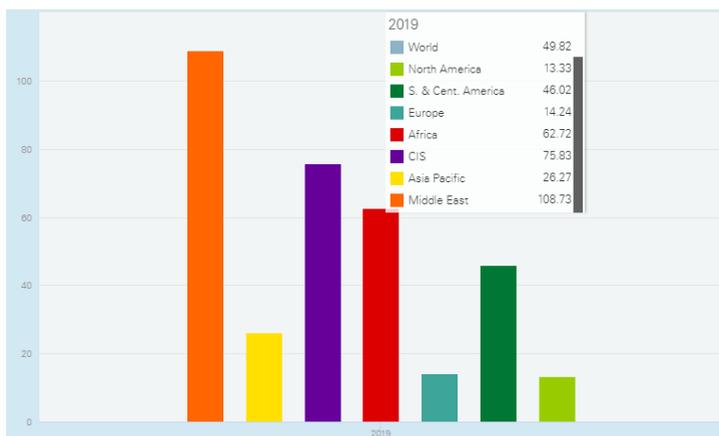


Рис.1. Диаграмма отношения добычи к потреблению природного газа.



Рис.2. Диаграмма отношения добычи к потреблению нефти.

Из всего этого следует, что должна переходить на возобновляемые источники энергии, или же на имеющих большие запасы.

Как альтернативный источник энергии можно предложить водород, так как он более экологичен и самый распространенный

элемент. Но водородная энергетика не автономна – для работы топливного элемента необходим чистый водород [4], [7].

Водородная энергетика эффективно применяет имеющиеся источники энергии, повышает коэффициенты полезного действия (КПД) их использования или получения иных преимуществ.

В свободном виде водород не существует – встречается лишь в соединениях, поэтому его надо как-то производить. Из первого закона термодинамики следует, что потери на производство и применение водорода неизбежны.

Выделяют два основных метода получения чистого водорода – метод паровой конверсии углеводородов и электролиз воды.

Так, например, паровая конверсия легких углеводородов (таких как метан) считается самым дешевым и эффективным способом получения водорода. По сравнению с тем же электролизом воды, каталитическая конверсия углеводорода в присутствии водяного пара выдаёт больше чистого водорода на единицу потребляемой энергии. Главным недостатком такого процесса является необходимость большого количества теплоты и огромных установок, которые могут быть применены, в основном, на крупных производствах.

Наиболее простым и удобным методом получения чистого водорода является электролиз воды – он образуется в результате серии электрохимических реакций при прохождении электрического тока через обработанную воду. Но и у этого метода есть свой существенный недостаток – для поддержания реакций необходимо большое количество электроэнергии. Поэтому многие компании стремятся разрабатывать системы полного цикла «электричество – водород – электричество», то есть при этом получение энергии будет возможна без внешних воздействий и энергоустановок.

Так, Япония производит и активно использует энергоустановки, которые вырабатывают электроэнергию, тепло и подогревают воду за счёт водорода [5].

Одной из таких энергоустановок является комплекс «Toshiba H₂Ope», принцип работы которого указан ниже (см. рис. 3).

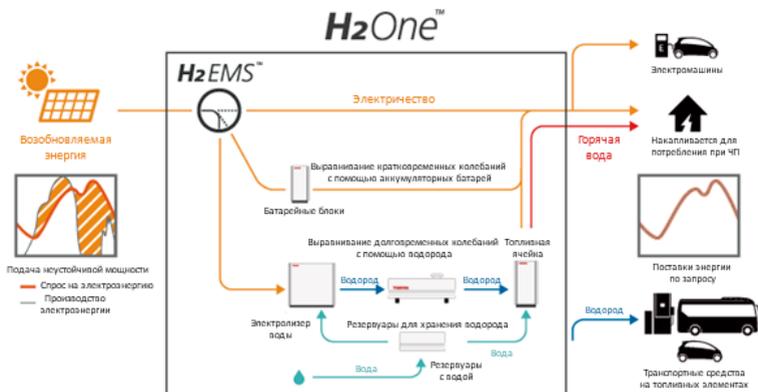


Рис.3. Принцип работы «Toshiba H2One».

Система состоит из трёх основных элементов: 1) электролизера, в котором происходит электролиз воды; 2) встроенного бака для хранения водорода и 3) топливных ячеек, которые вырабатывают электричество, тепло и подогревают воду с помощью водорода [6].

Технические характеристики комплекса приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Технические характеристики энергоустановки

Генерация водорода	до 2 м ³ в час
Расход водорода	до 2,5 м ³ в час
Ёмкость резервуара	33 м ³
Производство горячей воды (40 °С)	75 литров в час
Фотоэлектрическая установка	30 кВт
Мощность топливного элемента	3,5 кВт
Ёмкость накопителя электроэнергии	350 кВт·ч
КПД топливных элементов	95%

Научный руководитель: к.т.н. А.Е. Сидоров

Литература:

1. Statistical Review of World Energy 2020: сайт. – URL: <http://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf> (дата обращения: 15.03.2022).

2. Key World Energy Statistics 2020: сайт. – URL: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/1b7781df-5c93-492a-acd6->

01fc90388b0f/Key_World_Energy_Statistics_2020.pdf (дата обращения: 15.03.2022).

3. Green hydrogen station H2One Station Unit opens in Tsuruga City, Japan - Green Car Congress: сайт. – URL: <http://www.greencarcongress.com/2019/12/20191230-toshibaess.html> (дата обращения: 15.03.2022).

4. The 'Hydrogen Olympics' Lit a Torch for the Clean Fuel's Future - Scientific American: сайт. – URL: <http://www.scientificamerican.com/article/the-hydrogen-olympics-lit-a-torch-for-the-clean-fuels-future1> (дата обращения: 15.03.2022).

5. EES EAEC. Мировая энергетика - Энергетический профиль Японии: сайт. – URL: <http://www.eeseaec.org/energeticeskij-profil-aronii> (дата обращения: 15.03.2022).

6. Toshiba integrated hydrogen energy system starts operation at Toranomon Hills Business Tower in Tokyo - Green Car Congress: сайт. – URL: <http://www.greencarcongress.com/2020/06/20200621-toshiba.html> (дата обращения: 15.03.2022).

7. Голицын М.В. Альтернативные энергоносители / М.В. Голицын, А.М. Голицын, Н.В. Пронина; Отв. ред. Г.С. Голицын. – М.: Наука, 2004. – 159 с.

8. Toshiba Energy Systems & Solutions: сайт. – URL: <http://www.global.toshiba/ww/products-solutions/hydrogen/products-technical-services/fuel-cell.html> (дата обращения: 15.03.2022).

Д.Е. Бахмисов

*ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»
г. Братск, fr-air@yandex.ru*

ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ ТРЕБОВАНИЙ ВРЕМЕНИ НАСЫЩЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА

В данной работе отражена методика проверки обмоток трансформаторов тока (ТТ) требованиям по времени до насыщения для новых комплектов релейной защиты и автоматики (РЗА) Братской ГЭС (БГЭС).

В настоящее время расчет времени до насыщения ТТ производится в соответствии с ГОСТ Р 58669-2019 [1]. Данный стандарт устанавливает методы расчета времени до насыщения измерительных индуктивных трансформаторов тока для защиты с замкнутым магнитопроводом при коротких замыканиях (классов точности Р, РХ и ТРХ).

В подавляющем большинстве случаев между ТТ и шкафами защит прокладывается новый контрольный кабель с сечением жил 2,5 мм². Для проверки целесообразности увеличения сечения жил контрольного кабеля на указанном участке для увеличения значения времени до насыщения рекомендуется производить расчет при двух значениях сечения жил контрольного кабеля: 2,5 мм² и 20 мм² [1].

Согласно руководству по эксплуатации микропроцессорных (МП) терминалов РЗиА, для обеспечения полноценной и правильной работы большинства алгоритмов функций РЗиА минимальное необходимое значение времени до насыщения должно составлять 10 мс [2].

На данный момент времени в релейном щите 220 кВ (РЩ-220) БГЭС реализуется замена РЗиА, действующей на электромеханической базе, на современные и многофункциональные МП терминалы РЗиА отечественного производства типа БЭМП-ДТЗ.02 [3], к которым отключается вторичная обмотка ТТ.

В качестве вторичной нагрузки для измерительного ТТ на БГЭС выступают комплекты ступенчатых защит (КСЗ), автоматика управления выключателем (АУВ), регистраторы аварийных событий (РАС) и т.п.

Для расчёта времени насыщения ТТ аналитическим методом воспользуемся таблицей 1 [4].

Таблица 1 - Токи короткого замыкания (ТКЗ) на шинах открытого распределительного устройства 220 кВ (ОРУ-220) и постоянная времени затухания

Эквивалентный ТКЗ на шинах ОРУ-220, $I_{\text{КЗ экв.}}^{(3)}$, А	Активный ТКЗ на шинах ОРУ-220, $I_{\text{КЗ актив.}}^{(3)}$, А	Реактивный ТКЗ на шинах ОРУ-220, $I_{\text{КЗ реактив.}}^{(3)}$, А	Постоянная времени затухания аperiodической составляющей, $T_{\text{р экв.}}^{(3)}$, с
30237	1489	30184	0,213

В качестве показательного примера для расчёта времени насыщения измерительного ТТ произведем расчёт для трансформатора тока типа ТФНД, установленного на воздушной линии (ВЛ) №236 ОРУ-220 кВ БГЭС, паспортные данные которого представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Паспортные данные ТФНД-220

Наименование	Описание или величина
Марка ТТ	ТФНД-220
Первичный номинальный ток ТТ, $I_{1\text{ном.}}$, А	1000
Вторичный номинальный ток ТТ, $I_{2\text{ном.}}$, А	1
Номинальная кратность ТТ, $K_{\text{ном.}}$	25
Номинальная мощность ТТ, $S_{\text{ном.}}$, ВА	30
Номинальная нагрузка ТТ, $Z_{\text{ном.}}$, Ом	30
Активное сопротивление вторичной обмотки ТТ, R_2 , Ом	10
Индуктивное сопротивление вторичной обмотки ТТ, X_2 , Ом	0
Номинальный коэффициент мощности нагрузки, $\cos\varphi$	0,8
Схема соединения	Полная звезда

Аналитический метод определения времени до насыщения измерительного ТТ ВЛ №236 заключается в нескольких этапах расчёта:

1. Определение сопротивления нагрузки жил контрольных кабелей длиной 735 м, сечением медных жил кабеля 2,5 мм²:

$$R_{\text{пр.}} = \frac{\rho \cdot l}{S} \quad (1)$$

где ρ – удельное сопротивление проводника, Ом·мм²/м (для Cu составит 0,00175 Ом·мм²/м); l – длина кабеля, м; S – сечение жил кабеля, мм².

$$R_{\text{пр.}} = \frac{0,00175 \cdot 735}{2,5} = 5,145 \text{ Ом}$$

2. Фактическое сопротивление нагрузки ТТ определяется по формуле:

$$Z_{\text{н.факт.}} = R_{\text{пр.}} + Z_{\text{р.факт.}} \quad (2)$$

где $Z_{\text{р.факт.}}$ – сопротивление устройств КСЗ и АУВ ВЛ №236 (МП терминал типа БЭМП), Ом (принимается равным 0,1 Ом).

$$Z_{\text{н.факт.}} = 5,145 + 0,1 = 5,245 \text{ Ом}$$

3. Определение номинального полного сопротивления ветви вторичного тока:

$$Z_{2\Sigma\text{ном}} = \sqrt{(R_2 + Z_{\text{ном.}} \cdot \cos\varphi_{\text{ном.}})^2 + (X_2 + Z_{\text{ном.}} \cdot \sin\varphi_{\text{ном.}})^2} \quad (3)$$

$$Z_{2\Sigma\text{ном}} = \sqrt{(10 + 30 \cdot 0,8)^2 + (0 + 30 \cdot 0,6)^2} = 38,5 \text{ Ом}$$

4. Полное сопротивление ветви вторичного тока определяется по формуле:

$$Z_{2\Sigma} = \sqrt{(R_2 + R_{\text{н.факт.}})^2 + (X_2 + X_{\text{н.факт.}})^2} \quad (4)$$

$$Z_{2\Sigma} = \sqrt{(10 + 5,245)^2 + (0 + 0)^2} = 15,25 \text{ Ом}$$

5. Определение параметра режима А:

$$A = \frac{I_{1\text{ном}} \cdot K_{\text{ном}} \cdot Z_{2\Sigma\text{ном}}}{I_{\text{КЗ}} \cdot Z_{2\Sigma}} \quad (5)$$

$$A = \frac{1000 \cdot 25 \cdot 38,5}{30237 \cdot 15,25} = 2,09 \text{ о.е.}$$

6. Время до насыщения ТТ при отсутствии в сердечнике остаточной магнитной индукции определяется по формуле:

$$t_{\text{нас.}} = T_{\text{р.экв.}} \cdot \ln \frac{\omega \cdot T_{\text{р.экв.}}}{\omega \cdot T_{\text{р.экв.}} - A + 1} \quad (6)$$

где ω – угловая частота, с^{-1} (принимается равной 314 с^{-1}).

$$t_{\text{нас.}} = 0,213 \cdot \ln \frac{314 \cdot 0,213}{314 \cdot 0,213 - 2,09 + 1} = 3,5 \text{ с}$$

7. Определение время до насыщения ТТ при наличии в сердечнике остаточной магнитной индукции:

$$t_{\text{нас.}} = T_{\text{р.экв.}} \cdot \ln \frac{\omega \cdot T_{\text{р.экв.}}}{\omega \cdot T_{\text{р.экв.}} - A \cdot (1 - K_r) + 1} \quad (7)$$

где K_r - коэффициент остаточной намагниченности сердечника ТТ, принимается равным 0,86 [4].

$$t_{\text{нас.}} = 0,213 \cdot \ln \frac{314 \cdot 0,213}{314 \cdot 0,213 - 2,09 \cdot (1 - 0,86) + 1} = -2,22 \text{ с}$$

Проверка соблюдения условий по времени до насыщения ТТ при отсутствии в сердечнике остаточной магнитной индукции будет представлена в виде:

1. $\omega \cdot T_{\text{р.экв.}} + 1 > A$: невыполнение условия означает, что насыщение магнитопровода отсутствует и время до насыщения ТТ равно бесконечности ($67,88 > 2,09$);

2. $A > 1$: невыполнение условия означает, что ток предельной кратности меньше действующего значения ТКЗ ($2,09 > 1$).

Все условия по времени до насыщения ТТ при отсутствии в сердечнике остаточной магнитной индукции соблюдены.

Проверка соблюдения условий по времени насыщения ТТ при наличии в сердечнике остаточной магнитной индукции будет представлена в виде:

1. $\omega \cdot T_{\text{р.экв.}} + 1 > A \cdot (1 - K_r)$: невыполнение условия означает, что насыщение магнитопровода отсутствует и время до насыщения ТТ равно бесконечности ($67,88 > 0,29$);

2. $A \cdot (1 - K_r) > 1$: невыполнение условия, а также отрицательное время до насыщения означает, что необходимо использовать графический метод расчёта по паспортным величинам ($0,29 < 1$).

В связи с невыполнением условия $A \cdot (1 - K_r) > 1$ в нашем случае для определения времени до насыщения ТТ при наличии в сердечнике

остаточной магнитной индукции необходимо использовать графический метод.

Графический метод заключается в нахождении точки пересечения характеристики $A(1-Kr)$ и коэффициента переходного режима, который определяется по формуле:

$$K_{п.р.}(t) = \omega \cdot T_{р.экв.} \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{T_{р.экв.}}} \right) - \sin(\omega \cdot t) \quad (8)$$

При пересечении характеристики с функцией переходного режима необходимо опустить перпендикуляр на ось абсцисс и зафиксировать значение времени до насыщения измерительного ТТ (рис. 1).

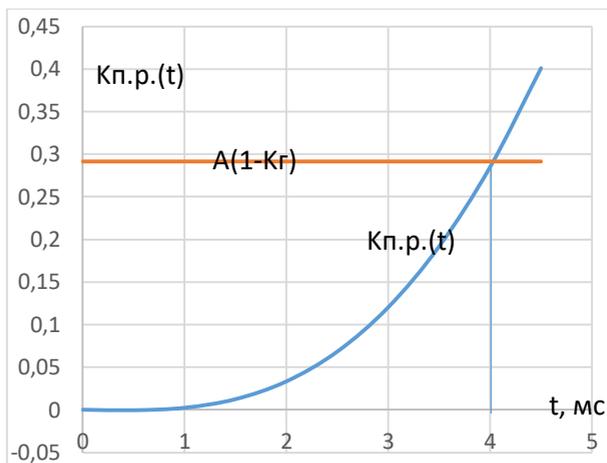


Рис.1. Определение времени насыщения ТТ графическим методом

Как видно из рис. 1 время насыщения ТТ при наличии остаточной магнитной индукции составило 4 мс (при отсутствии остаточной магнитной индукции время составило 3,5 мс).

Из произведенных расчётов видно, что при подключении МП терминалов РЗиА к существующим измерительным ТТ на ОРУ-220 кВ БГЭС время до насыщения, оказалось менее требуемого (менее 10 мс). В связи с этим, без замены существующих измерительных ТТ для устройств РЗиА существует риск неправильной работы в переходных режимах с насыщением ТТ. Следовательно, подключенные к таким ТТ устройства РЗиА необходимо вносить в перечень устройств с наличием риска неправильной работы и разрабатывать дополнительные мероприятия по их замене.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Т.Н. Яковкина

Литература:

1. ГОСТ Р 58669-2019. Релейная защита. Трансформаторы тока измерительные индуктивные с замкнутым магнитопроводом для защиты. – Москва, 2020. – 63 с.
2. СТО 56947007-2017. Технические требования к микропроцессорным устройствам РЗА. – Москва, 2017. – 223 с.
3. БКЖИ.656316.001 РЭ1. Руководство по эксплуатации. Микропроцессорные блоки релейной защиты и автоматики серии БЭМП. – Чебоксары, 2011. – 83 с.
4. СРХ-2021/115РР. Расчёт времени до насыщения трансформаторов тока. – Иркутск, 2021. – 24 с.

С.Ж. Жылдызбекова

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»
г. Казань, s.zhyldyzbekova@yandex.ru*

АНАЛИЗ МЕТОДА ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ИЗОЛЯЦИИ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

Частичным разрядом (ЧР) называется кратковременный разряд сверхмалой мощности, возникающий внутри или на поверхности изоляции высоковольтных кабелей. Частичные разряды возникают в местах неоднородности изоляции, т. е. на участках изоляции, имеющих дефекты – проводящие и полупроводящие включения, газовые пузырьки, зоны увлажнения. [1]

Аварийные повреждения кабельных линий (КЛ) приводят к нарушениям электроснабжения потребителей и экономическому ущербу энергосистеме, и потребителям. Повышение надежности силовых КЛ является одним из приоритетных вопросов организаций электрических сетей. Для предупреждения аварийных отключений КЛ необходимо иметь достоверную информацию о текущем состоянии кабелей. Одним из методов, позволяющих получить эту информацию, является метод частичных разрядов.

Метод частичных разрядов (ЧР) позволяет обнаруживать микропробой (частичные разряды) в изоляции на ранней стадии развития в ней дефектов. Деграция и старение изоляции происходят под действием таких микропробоев, а метод ЧР является общепризнанным методом диагностики многих видов изоляции электротехнического оборудования. Вместе с тем, интерпретация результатов измерений ЧР базируется на модели многослойной изоляции, созданной более полувека назад, которая не учитывает

многие особенности конструкции и места расположения изоляции. Отсутствует однозначная связь между величиной ЧР и размером дефекта. Методика определения основной измеряемой величины ЧР в ПКЛ, которая была разработана для объектов малых геометрических размеров крайне запутанна, а её использование без изменений в таких протяжённых объектах как кабельные линии вызывает сомнения. Использование для калибровки аппаратуры измерения ЧР одинаковых калибровочных генераторов для кабелей разного класса напряжений, с токоведущими жилами различного сечения, возможно, приводят к завышенным погрешностям измерения ЧР и к сложностям сравнения результатов измерений. Всё вышесказанное снижает информативность метода ЧР. Исходя из этого, я считаю, что данная тема является актуальной проблемой в энергетике.

Согласно [2], на сегодняшний день существует множество различных методов контроля состояния изоляции. Все существующие методы контроля изоляции можно разделить на две группы:

- 1) разрушающие;
- 2) неразрушающие.

Разрушающие методы контроля изоляции предполагают использования для испытаний повышенного напряжения, а неразрушающие не требуют его использования и могут быть самыми различными.

Стоит отметить, что все неразрушающие методы являются в какой-то степени косвенными, а разрушающие могут вызвать возникновения повреждения там, где его не было.

Для контроля качества изоляции можно использовать следующие неразрушающие методы:

1. метод проведения измерений тока сквозной проводимости или сопротивления изоляции;
2. метод проведения измерения угла диэлектрических потерь;
3. метод основанный на измерении ёмкости;
4. метод измерения распределения напряжения;
5. метод измерения частичных разрядов в изоляции;
6. метод основанный на использовании ультразвука или рентгеновских лучей для просвечивания;
7. метод рефлектометрии.

При сравнении вышеперечисленных неразрушающих методов контроля изоляции, можно сделать вывод, что метод частичных разрядов наиболее полно отвечает предъявленным требованиям. Таким образом, он является единственным методом раннего определения дефектов в кабелях.

Возникновение ЧР имеет вероятностный характер, так как является результатом воздействия множества факторов, например, структуры изоляции, наличия неоднородностей электрического поля, температуры, влажности, давления, диэлектрических свойств, вибрации и др. Наличие ЧР — первый признак дефекта в изоляции. Их анализ позволяет выявить и локализовать место с ухудшающимися параметрами. С другой стороны, ЧР являются не только диагностическим признаком, но и причиной ещё большего ухудшения состояния изоляции. В конечном итоге их воздействие на изоляцию приводит к её пробой.

Процесс возникновения ЧР происходит вследствие несовершенства технологии нанесения изоляции, допущения ошибки в процессе изготовления, хранения, транспортировки, монтажа или эксплуатации. Тем или иным образом в изоляцию попадают газовые или водяные включения, которые имеют гораздо худшие диэлектрические свойства по сравнению с изоляцией. При работе оборудования под напряжением по изоляции наводится электрическое поле, и в подобных дефектах напряженность электрического поля может быть в разы выше, чем в толще изоляции. В дефектах начинается ионизационный процесс атомов газа или воды под воздействием повышенной напряженности электрического поля, возникает процесс образования лавин, перетекающий в образование искрового разряда, а затем и дугового. Частичные разряды перекрывают только часть изоляции, ухудшая ее защитные свойства, таким образом, все больший объем изоляции приходит в негодность, с течением времени, когда интенсивность частичных разрядов увеличится и большой объем изоляции станет негодным для защиты, произойдет пробой, и оборудование выйдет из строя.

Присутствие частичного разряда может быть обнаружено при помощи визуального, звукового, ультразвукового и электрических методов. Существуют следующие методы обнаружения и измерения частичных разрядов:

1. Оптические методы основаны на фиксации оптических проявлений частичных разрядов. Различают два основных варианта данной методики. Первая основана на фиксации вспышек, характерных для частичных разрядов. Вторая отслеживает изменения оптического потока.

2. В основе акустического метода лежит поиск и измерение характерных ультразвуковых колебаний, вызванных частичными разрядами. Подобный звук имеет слишком высокую частоту, чтобы быть услышанным человеком. Но специальная аппаратура может не

только уловить его, но также определить место его возникновения и силу разряда.

3. Радиоволновый метод основан на выявлении радиопомех, вызванных частичными разрядами. Таким образом, место наибольшей концентрации помех окажется местом возникновения частичных разрядов.

4. Электрические методы обнаружения частичных разрядов основываются на измерении импульсов тока в системе. В простейшем случае детектор подключается к цепи заземления. И как только к цепи появляются токи, отличные от фоновых, их регистрирует детектор. В каждом методе обнаружения частичных разрядов используются разнообразные датчики, использующие принцип преобразования электромагнитных и акустических колебаний в определенном диапазоне частот: низкочастотные, высокочастотные и сверхвысокочастотные.

В каждом методе обнаружения частичных разрядов используются разнообразные датчики, использующие принцип преобразования электромагнитных и акустических колебаний в определенном диапазоне частот: низкочастотные, высокочастотные и сверхвысокочастотные.

Для измерения и анализа ЧР используются специальные величины, характеризующие ЧР. Согласно [3], основными величинами, характеризующими ЧР, являются параметры такие как кажущийся заряд, фазовый угол возникновения ЧР, длительность импульса ЧР, частота повторения импульсов и т. д. На основе этих параметров, выявляемых при диагностике кабельной линии, выделяют и такие способы определения ЧР:

- 1) Анализ амплитудно- фазового распределения импульсов;
- 2) Анализ частотных свойств ЧР;
- 3) Анализ изменения интенсивности ЧР в процессе эксплуатации оборудования.

На основе проведенного анализа по данной теме, можно сделать вывод о том, что наиболее перспективным методом диагностики состояния изоляции по частичному разряду является амплитудно-фазовое распределение импульсов. Результатами диагностики данным методом являются амплитуда и фазовый угол напряжения, а также величина кажущегося заряда. Также необходимо отметить, что измерение частичных разрядов не является универсальным решением для определения надежности изоляции. Для точного исследования изоляции кабельных линий необходимо проанализировать всесторонние результаты различных испытаний высокого напряжения.

Научный руководитель: доктор физ-мат. наук А.Е. Усачев

Литература:

1. Межгосударственный стандарт. Методы испытаний высоким напряжением. Измерения частичных разрядов: ГОСТ Р 55191-2012. – Введ. 2014-01-01. – М.: Стандартинформ, 2014. – 49 с.
2. Сви П.М. Методы и средства диагностики оборудования высокого напряжения. / П.М. Сви // – М.: Энергоатомиздат. – 1992. – Гл. 4. – С. 78-115.
3. Руководство по эксплуатации. CDM-30 Система мониторинга 30 кабельных линий. Пермь: ООО «Димрус». – 2018. – 40 с.

Д.А. Коневец

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»
г. Казань, den.konevec@gmail.com*

ДИАГНОСТИКА И МОНИТОРИНГ ИЗОЛЯТОРОВ ЛЭП НАПРЯЖЕНИЕМ 110кВ

Разнообразный профиль нагрузок на линии электропередач ЛЭП, а также множество эксплуатационных факторов оказывают негативное влияние на состояние изоляторов, которое является одним из ключевых маркеров для принятия решения о возможности дальнейшей эксплуатации [1]. Среди методов диагностики изоляторов ЛЭП 110кВ можно выделить две большие группы – контактные и бесконтактные методы. Однако контактные методы требуют отключения участка ЛЭП и снятия изоляторов. Кроме высоких трудозатрат данный метод сопряжен с риском, поскольку возникает необходимость проведения работы на высоте и возможность попадания рабочего персонала под напряжение [2]. Поэтому в настоящее время наиболее актуальным направлением является методов бесконтактной диагностики ЛЭП.

Далее рассмотрим бесконтактные методы диагностики изоляторов ЛЭП 110кВ. На ЛЭП с напряжением 110кВ применяются только подвесные изоляторы, которые выполняются из стекла, фарфора или полимерных материалов [3]. Наиболее доступным является визуальный метод диагностики, однако данный метод информативен только при использовании изоляторов, выполненных в стержневом корпусе, поскольку при его повреждении он полностью разрушается, в случае использования других видов изоляторов их разрушение обнаружить невооруженным глазом практически невозможно [4].

С целью диагностики широко применяется метод ультрафиолетовой диагностики, суть которого заключается в том, что на поверхности поврежденного изолятора наблюдается ионизация,

поверхностные частичные разряды и коронирование, которые обнаруживаются с помощью электронно-оптических ультрафиолетовых дефектоскопов [5]. Также на сегодняшний день активно используется метод тепловизионной диагностики, который основан на том, что изменение сопротивления поврежденного элемента приводит к его избыточному нагреву [6]. Данный перепад температур фиксируется с помощью специального тепловизионного оборудования позволяющего в режиме реального времени не только обнаруживать место повреждения, но и точно определять степень повреждения, путем оценки разности температур поврежденном и неповрежденном элементах [7].

Таким образом, на сегодняшний день существует обширный инструментарий бесконтактных методов диагностики изоляторов ЛЭП, которые позволяют с высокой точностью определить локализацию и степень повреждений исследуемого элемента ЛЭП. Перспективы дальнейшего развития методов диагностики будут неизбежно связаны с бесконтактными способами, поскольку они позволяют проводить необходимые мероприятия по контролю за состоянием элементов ЛЭП без их отключения, и не привлекая персонал к проведению потенциально опасных работ.

Научный руководитель: к.т.н. Г.А. Муратаева

Литература:

1. Голенищев-Кутузов А.В. и др. Использование бесконтактных методов диагностики высоких электрических полей // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2019. – Т. 21. – №. 4. – С. 123-133.
2. Хальясмаа А.И., Манусов В.З. Опыт реализации комплексной системы диагностики высоковольтного оборудования // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2020. – Т. 12. – №. 1. – С. 82.
3. Хохлов А. В., Воркунов О. В., Афанасьева Т. И. Анализ современных методов и средств диагностики изоляторов воздушной линии электропередачи // Вестник современных исследований. – 2018. – №. 5.3. – С. 545-547.
4. Гудиев Т. Т., Кабисов А. А., Плиева М. Т. Способы диагностики изоляторов воздушных линий электропередач // Энерго-и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Атомная энергетика. — Екатеринбург, 2019. – 2019. – С. 100-103.

5. Поляков Д. А. и др. Исследование характеристик частичных разрядов в дефектах ЛЭП // Омский научный вестник. – 2020. – №. 6 (174). – С. 63-68.

6. Мирзаабдуллаев А.О. Техническая диагностика как ключевой фактор надежности воздушных линий электропередачи // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики. – 2020. – С. 218-224.

7. Тошходжаева М.И., Ходжиев А.А. Особенности диагностирования ВЛЭП-110кВ в условиях резко континентального климата // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2019. – №. 2. – С. 364-369.

Д.А. Коневец

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»
г. Казань, den.konevec@gmail.com*

КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ 110 кВ

В современных условиях вопросы обеспечения надежной и энергоэффективной работы систем энергоснабжения являются одним из приоритетных направлений. В области электроэнергетики наиболее остро стоит вопрос диагностики технического состояния воздушных линий электропередач (ЛЭП), которые имеют большую протяженность и в связи с этим являются наиболее уязвимым элементом системы электроснабжения [1].

При этом воздушные линии напряжением 35кВ и выше являются главными коммуникациями в системе электропередачи, поэтому их диагностика и устранение дефектов является первоочередной задачей для обеспечения надежной работы [2].

Анализ материалов аварийности воздушных ЛЭП 110 и выше, говорит об устойчивой тенденции ее роста. По количеству отказов это провода с учетом и без учета грозовых перенапряжений, изоляторы, опоры и арматура. Гололедно-ветровые нагрузки на ЛЭП также приводят к большим повреждениям на ЛЭП.

На сегодняшний день с целью выявления некоторых устойчивых повреждений предлагается применять локационный метод. Локационные методы основаны на измерении изменений характеристик электромагнитной волны, распространяющейся вдоль проводов ЛЭП, при появлении на них гололедных отложений. На отключенной линии производят измерения, которые позволяют обнаружить такие повреждения как обрывы и короткие замыкания [4].

Импульсный сигнал через однородную ЛЭП проходит от начала и до конца без искажений, однако, если на линии будут повреждения, то сигнал будет искажен или вовсе не дойдет до конца. Используя данный метод можно диагностировать наиболее распространенные устойчивые повреждения ЛЭП [5].

Недостатком данного метода является необходимость длительного отключения участка ЛЭП для его диагностики. Однако метод локационного зондирования позволяет избежать этого, после отключения участка ЛЭП запускается аппарат локационного зондирования, проводится сравнение текущей и эталонной рефлектограммы линии, в случае возникновения неполадки или повреждения на линии время возвращения отраженного импульсного сигнала изменяется, либо сигнал и вовсе не возвращается [6].

В случае, когда повреждение устойчивое, то устройство автоматического повторного включения (АПВ) блокируется и зондирование продолжается, а после устранения повреждения устранилось, снимается блокировка с АПВ и линия включается [7].

Таким образом, вопрос диагностики воздушных линий 110 кВ является важным этапом дальнейшего развития надежности и эффективности электроэнергетических систем, которому стоит уделять особое внимание. Данная проблема требует решения и нуждается в глубокой проработке в связи с большой протяженностью воздушных линий и множеством аварийных факторов, действующих на них.

Научный руководитель: к.т.н. Г.А. Муратаева

Литература:

1. Вагапов Г.В. Диагностика гололеда на грозозащитных тросах воздушных линий электропередачи //Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2019. – Т. 21. – №. 4. – С. 104-112.
2. Хальясмаа А.И., Манусов В.З. Опыт реализации комплексной системы диагностики высоковольтного оборудования //Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2020. – Т. 12. – №. 1. – С. 82-91.
3. Егоферова М.В., Захарова А.Г. Диагностика воздушных линий электропередач 110 кВ и выше //Энергетика и энергосбережение: теория и практика. – 2020. – С. 311-1-311-6.
4. Фомин И.Н., Беликов Р.П. Особенности эксплуатации воздушных линий электропередачи //Ресурсосберегающие технологии при хранении и переработке сельскохозяйственной продукции. – 2021. – С. 160-163.

5. Тошходжаева М.И., Ходжиев А.А. Особенности диагностирования ВЛЭП-110 кВ в условиях резко континентального климата // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2019. – №. 2. – С. 364-369.

6. Байденков Р.А. Системы мониторинга и диагностики технического состояния воздушных линий // День науки. – 2020. – С. 57-58.

7. Мирзаабдуллаев А.О. Техническая диагностика как ключевой фактор надежности воздушных линий электропередачи // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики. – 2020. – С. 218-224.

М.С. Волков¹, А.В. Яковкина², В.К. Мазур³

¹ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»,

^{2,3}МБОУ «СОШ№18», г. Братск

²arianahap@yandex.ru, ¹mediatordallona@mail.ru

РАЗРАБОТКА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ АПРОБАЦИИ АЛГОРИТМОВ ПОИСКА ТОЧКИ МАКСИМАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ «ЕРА»

Согласно стратегии устойчивого развития мировой энергетики и целями устойчивого развития ООН переход на возобновляемые источники энергии являются одной из первостепенных задач современной энергетики [1].

В настоящее время на рынке самое широкое распространение получили фотоэлектрические преобразователи (ФЭП) на основе поликристаллического и монокристаллического кремния в силу наибольшей доступности входящих в их состав компонентов: кремния, как основы, и алюминия, бора или фосфора - в качестве легирующих добавок [2].

В силу особенностей свойств кремниевых ФЭП для их эффективной работы требуется непрерывное отслеживание точки максимальной мощности (ТММ), которая непрерывно изменяется вследствие изменения освещенности, температуры, положения солнца, затемнения отдельных модулей ФЭП и прочее. Эту проблему решает контроллер точки максимальной мощности (КТММ).

В настоящее время разработано большое количество алгоритмов отслеживания ТММ [3], однако ни один из них не может считаться универсальным, поскольку имеет определенные недостатки: сложность определения дискретности интервала вольтамперной характеристики

(ВАХ) ФЭП, колебания мощности на выходе контроллера, невозможность определения изменения ТММ вызванного нарушением работы солнечной батареи, медленное достижение ТММ, колебания выходной мощности при работе в ТММ. Также к мало эффективным относят: условные алгоритмы, при которых параметры ТММ вычисляются по вводимым значениям напряжения холостого хода и тока короткого замыкания солнечной батареи. Кроме этого, контроллеры средней и дешевой ценовой категории реализованы по схеме с общим плюсом, что не предполагает возможности их совместной работы в традиционной системе с общим минусом.

Самым известным алгоритмом отслеживания ТММ считается алгоритм «Возмущение и наблюдение» («ВИН») (Perturb and observe) [4]. Однако этот алгоритм требует для своей работы определения начального приближения ТММ, поскольку для эффективного применения алгоритма «ВИН» требуется минимальный шаг возмущения по току, что приведёт к существенному замедлению старта алгоритма. При этом неясной величиной остается размер шага для алгоритма «ВИН».

В ходе работы были проанализированы бюджетные контроллеры широтно-импульсной модуляции (ШИМ), а также контроллеры ТММ на основе алгоритмов «Возмущение и наблюдение» и «Приращение проводимости» («ПП»). На основе анализа недостатков этих вариантов была предложена модификация алгоритма «Возмущение и наблюдение» для дальнейшего использования.

В работе предлагается использование алгоритма поиска ТММ по правилу золотого сечения на начальном этапе работы алгоритмов «ВИН» или «ПП». Это позволит повысить эффективность работы КТММ и обеспечить быстрое получение начального приближения для алгоритма.

Суть алгоритма выбора шага заключается в определении двух точек на интервале ватт-амперной характеристики ФЭП от нуля до I_k и отбрасывании части интервала, имеющего меньшее значение мощности (рис.1).

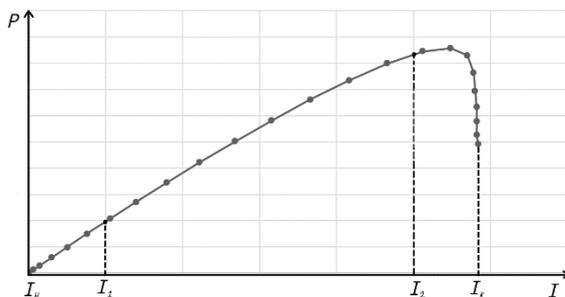


Рис. 1. Ватт-амперная характеристика ФЭП

Последовательность алгоритма следующая:

1. На ватт-амперной характеристике (рис.1) задаются 2 кратчайших значения: I_n и I_k ;
2. Определяются две точки I_1 ; I_2 внутри интервала $I_n \div I_k$ по выражениям:

$$I_1 = I_k - \frac{(I_k - I_n)}{\Phi} \quad (1)$$

$$I_2 = I_n + \frac{(I_k - I_n)}{\Phi} \quad (2)$$

где Φ – пропорция золотого сечения, равная 1,618;

3. Если $I_1 < I_2$, то обрабатывается интервал $I_n \div I_1$, в противном случае отбрасывается интервал $I_2 \div I_k$;
4. В качестве нового интервала $I_n \div I_k$ принимается расстояние $I_1 \div I_k$ при $I_1 < I_2$ или $I_n \div I_2$ при $I_1 > I_2$. При этом на новом интервале необходимо определить всего одну новую точку.
5. Измерения параметров $P(I)$ выполняются в течение не более 6 итераций.

После определения оптимума по методу золотого сечения можно осуществлять работу по методу «ВИН» с шагом маленького значения, который будет обеспечивать минимальные колебания мощности и работу вблизи ТММ при относительно медленных колебаниях освещенности.

Метод золотого сечения для получения начального приближения алгоритма «ВИН» позволит получить начальное приближение буквально за 5-6 итераций, что позволяет существенно сократить время старта алгоритма.

С целью апробации предложенной модификации алгоритма поиска ТММ авторами статьи был разработан аппаратно-программный комплекс (АПК) ЕРА.

Для выбора лучшего решения по созданию АПК были использованы следующие критерии:

1. Использование КТММ для работы СЭС малой мощности;
2. Возможность импортозамещения при создании аппаратной части;
3. Высокая скорость достижения ТММ;
4. Эффективность алгоритма отслеживания ТММ при изменении освещённости;
5. Минимальные колебания нагрузки при работе ФЭП в области ТММ.

Разработанный аппаратный стенд включает в себя сборку из шести ФЭП, импульсного понижающего преобразователя, отладочной платы с микроконтроллером (МК) и персональный компьютер (ПК). Связь между ПК и МК осуществляется с помощью интерфейса USB. Измерение напряжений на входе и выходе контроллера осуществляется с помощью резистивных делителей напряжения, в то время как измерение токов реализуется с помощью датчиков холла.

Вычисление мощности осуществляется косвенным путем с помощью выражения:

$$P = UI, \text{ Вт} \quad (3)$$

где U – напряжение, В; I – величина тока, А.

Программное обеспечение МК и ПК предполагает обмен информацией об измеряемых и расчетных параметрах; программа ПК обеспечивает реализацию алгоритма определения ТММ ФЭП.

В качестве алгоритма отслеживания ТММ был использован самый распространённый и простой алгоритм «ВИН», структурная схема которого имеет вид (рис. 2):

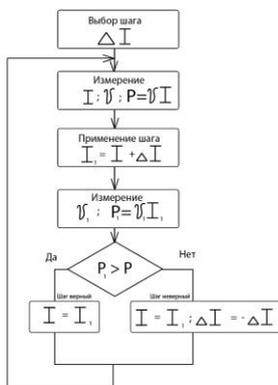


Рис.2. Структурная схема алгоритма «ВИН»

В качестве регулируемого параметра используется ток ФЭП, который управляется полумостовым импульсным понижающим преобразователем (рис. 3) с помощью модуля широтно-импульсной модуляции (ШИМ) в МК.

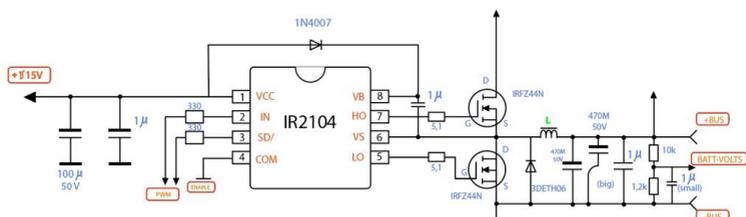


Рис.3. Электрическая схема силовой части КТММ

Управляющие импульсы модуля ШИМ имеют частоту 75 кГц, что обеспечивает приемлемое соотношение габаритов и энергоэффективности импульсного преобразователя.

Экономический результат применения разработанного контроллера достигается понижением времени работы КТММ в неоптимальных режимах, а значит в более полном использовании мощности солнечной батареи.

АПК «ЕРА» изготовлен на основе дешевых электронных компонентов общего назначения, которые доступны на рынке (рис.3). Поэтому созданное авторами статьи техническое решение может позиционироваться как контроллер ММ высокого качества бюджетной ценовой категории.

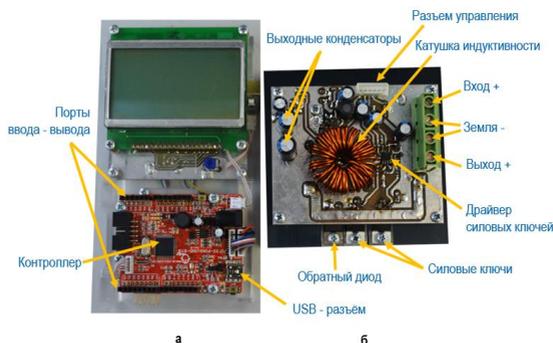


Рис.3. Структура АПК «ЕРА»

а – тестовая система управления на базе Arduino-подобной платформы с контроллером PIC32MX440F256; б – силовая часть контроллера ТММ

Совокупность таких технических решений позволит обеспечить высокую эффективность работы контроллера ТММ солнечной батареи при малых финансовых вложениях.

Стоимость АПК «ЕРА» составляет 2315 руб.

При суммарной мощности разработанного контроллера 400 Вт, удельная стоимость составляет около 5,8 руб/Вт. При этом ШИМ-контроллер мощностью 180Вт стоит 950 руб., что соответствует 5,3 руб/Вт. Однако наш контроллер при одинаковых тестовых условиях позволяет преобразовывать 71Вт от солнечной батареи, когда как ШИМ контроллер всего 29Вт. Это демонстрирует более чем 2,4 кратную эффективность нашего контроллера ТММ при сопоставимых вложениях и связано с тем, что данная разработка является более маневренной нежели остальные на рынке – за короткий промежуток времени успевает перестроится на новые погодные условия.

Предполагается, что использование нашего контроллера в составе бюджетных СЭС позволит повысить эффективность последних до 2,4 раза и соответственно снизить их себестоимость.

В настоящее время работа является полностью законченной и предложенный алгоритм КТММ проходит испытание на опытной СЭС.

Научный руководитель: к.т.н., доцент А.В. Струмяляк

Литература:

1) Guy Hutton, Mili Varughese. The Costs of Meeting the 2030 Sustainable Development Goal Targets on Drinking Water, Sanitation, and Hygiene. — The World Bank, 2016. – 64с.

2) Бессель В.В., Кучеров В.Г., Мингалеева Р.Д. Изучение солнечных фотоэлектрических элементов: Учебно-методическое пособие. – М.: Издательский центр РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2016. – 90 с.

3) Возмилов А.Г., Малюгин С.А., Малюгина А.А. Алгоритмы слежения за точкой максимальной мощности фотоэлектрических преобразователей // Вестник ЧГАА. 2014. Т. 70. С. 18–25.

4) Исследование алгоритмов поиска точки максимальной мощности для повышения эффективности фотоэлектрических преобразователей. Мухамбедьярова Б.Б., Лукичева Д.В., Полногаа Н.Л. Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики, ноябрь–декабрь. - 2018 Том 18 № 6 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://openbooks.itmo.ru/read_ntv/18257/18257.pdf - Загл. с экрана. (дата обращения: 10.02.2022г.).

Д.И. Смирнова
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, smirnovad122@gmail.com

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ СЧЕТЧИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

Основным инструментом оценки энергоэффективности является информация о структуре энергопотребления. Текущее состояние в области энергосбережения, рост стоимости электроэнергии, повышение энергетической эффективности способствует развития технического учета электроэнергии.

Учет энергоресурсов является стратегически важной задачей. Решением проблем учета электроэнергии является его автоматизация. Основной целью организации автоматизированного учета электроэнергии является:

- дистанционный сбор данных с цифровых приборов учёта электроэнергии;
- обработка переданных данных с выгрузкой в информационные системы;
- учёт и оперативный контроль за потреблением энергоресурсов;
- анализ и разработка более совершенной энергосберегающей политики и повышение энергетической эффективности.

Совокупность средств учета электроэнергии включает в себя измерительный трансформатор тока и напряжения, счетчики электрической энергии. К функциям счетчика электрической энергии можно отнести измерение потребляемой энергии и вывод этой информации на электронное табло, запись потребляемой энергии в память устройства, объем свободного места в хранилище, установленный тариф.

Государственные стандарты накладывают особые требования к счетчикам электроэнергии. Приборный учет электроэнергии должен обеспечивать требуемую точность измерения электрических параметров.

Приборы учета рекомендуется устанавливать на границах балансовой принадлежности энергообеспечивающей организации и потребителя. В случае отсутствия технической возможности установки, прибор учета подлежит установке в месте, максимально приближенном к границе балансовой принадлежности, в котором имеется техническая возможность его установки.

В настоящее время требуется применение нового энергоэффективного оборудования и новых технологий, обеспечивающих снижение издержек при производстве и передаче электроэнергии, снижение уровня потерь при транспорте электрической энергии. С этой целью внедряются пункты учета электрической энергии различного напряжения i-TOR. Устройство, позволяет организовать учёт электроэнергии с точностью, пригодной для коммерческих взаиморасчётов, непосредственно на границе балансовой принадлежности различных субъектов рынка электроэнергии.

Устройство представляет собой аналог комплекта традиционных электромагнитных трансформаторов тока и напряжения, предназначенных для коммерческого учёта.

Имеет малые габариты и массу, устойчив к внешним факторам среды. Установка производится не только на подстанциях, но и на опоре линии электропередач или опорной конструкции. Данные устройства могут быть встроены в любую автоматизированную систему учета энергоресурсов без существенных изменений конфигурации системы. Шкаф учёта электроэнергии устанавливается на опоре. Его расположение определяется требованиями удобства эксплуатации и безопасности, а также защиты от несанкционированного доступа. Устройства связи от измерительных компонентов до шкафа учёта прокладываются и крепятся по телу опоры.

Таким образом, применение пунктов учета электрической энергии позволит отслеживать факторы хищения, повысит точность измерения величин, исключит расчётные методы определения потерь, расширит функциональные возможности и обеспечить более эффективные режимы управления электросетевым комплексом.

Научный руководитель: к.т.н. Г.А. Муратаева

Литература:

1. Зверев, А. В. Энергоэффективность и энергосбережение: мировой опыт для России: [монография] / А. В. Зверев. – Москва: Статистика России, 2011. –176 с.: ил.

2. i-TOR-110S // <https://i-tor.ru/product/i-tor-110S> (дата обращения:4.04.2022)

Д.Г. Семенов

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г.Казань, sdg-20@bk.ru

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ БИОГАЗА ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

В последнее время проблема загрязнения окружающей среды все чаще обсуждается мировым сообществом. Помимо этого, мировые запасы ископаемых видов топлива истощаются все быстрее и быстрее. По оценкам специалистов запасов нефти, при нынешнем объеме потребления, хватит всего лишь на 50 с лишним лет, а запасов природного газа – примерно на 60 лет.

В связи с этими глобальными проблемами, у человечества появляется потребность в поиске новых альтернативных источников энергии и совершенствовании существующих технологий. Одним из таких видов энергии является биогаз – аналог природного газа, получаемый в процессе анаэробного сбраживания органических отходов промышленности и сельского хозяйства. Биогаз преимущественно состоит из метана (до 85% от общего объема), углекислого газа (15-40%) и других сопутствующих газов (до 5%): сероводорода, аммиака и водорода. После очистки на выходе получается газ с содержанием 95-99% метана [6].

В базах научных работ elibrary, scholar.google и других сервисах есть большое количество работ на тему технологий получения биогаза. Проанализировав данные, можно получить новую и более совершенную технологию, которая будет учитывать все преимущества и недостатки имеющихся методик получения биогаза, а также масштабировать

За основу была взята работа «Разработка алгоритма эффективного управления основными элементами электротехнической системы биогазового оборудования» [1].

В данной работе достаточно подробно описан принцип работы малогабаритной биогазовой установки (МБГУ) и система ее автоматизации. Основные этапы получения биогаза остаются такими же. Но при разработке технологии получения биогаза в больших промышленных масштабах необходимо внести корректировки в оборудование и систему автоматизации.

На рис. 1 представлена конструкция МБГУ, описанной в работе. На рис. 2 представлена структурная схема функционирования (физико-химическая часть) и схема автоматической системы управления биогазовой установки (электрическая часть).

После проведения анализа был выявлен ряд недостатков в рассматриваемой научной работе. Также некоторые решения применимы только для МБГУ. Применительно к крупногабаритным биогазовым установкам (КБГУ) необходимо провести ряд модернизаций, а некоторые решения и вовсе не совместимы с БГУ крупных размеров.

1. Логическим устройством в МБГУ служит логическое реле ONI PLR, которое имеет ограниченный функционал. При проектировании системы автоматизации КБГУ необходимо применять логические контроллеры. Они имеют возможность более гибкого программирования.

2. Система, состоящая из газоанализатора, принудительной вентиляции и сигнализации, не является необходимой в КБГУ, так как биогазовая установка больших размеров предназначена для наружной установки.

3. В КБГУ меняется конструкция и совмещаются три составляющих системы: биореактор, эластичный промежуточный резервуар и газгольдер. Биореактор будет не полностью закрытого типа, а с открытым верхом, на которую будет натянут эластичный купол – газгольдер (метантенк). В нем будет производиться сбор и хранение образовавшегося биогаза [7].

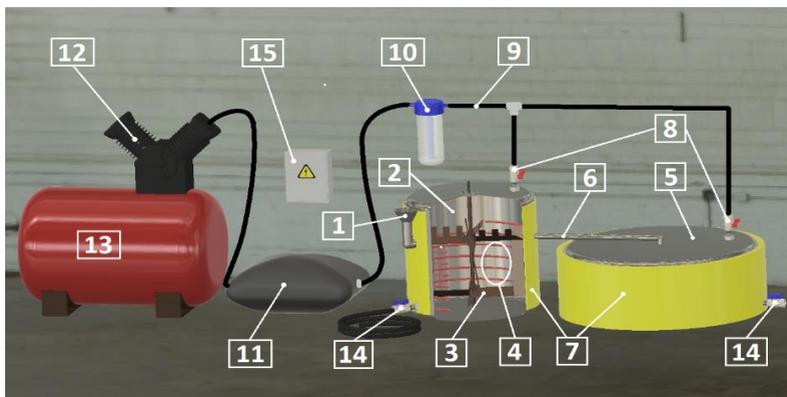


Рис. 1. Конструкция малогабаритной биогазовой установки.

- 1 – загрузочный канал; 2 – биореактор; 3 – перемешивающее устройство; 4 – система отопления; 5 – камера дображивания; 6 – канал связи; 7 – теплоизоляция; 8 – вентили; 9 – трубопровод; 10 – фильтр; 11 – промежуточный резервуар; 12 – компрессор; 13 – газгольдер; 14 – сливные вентили; 15 – щит автоматизации.

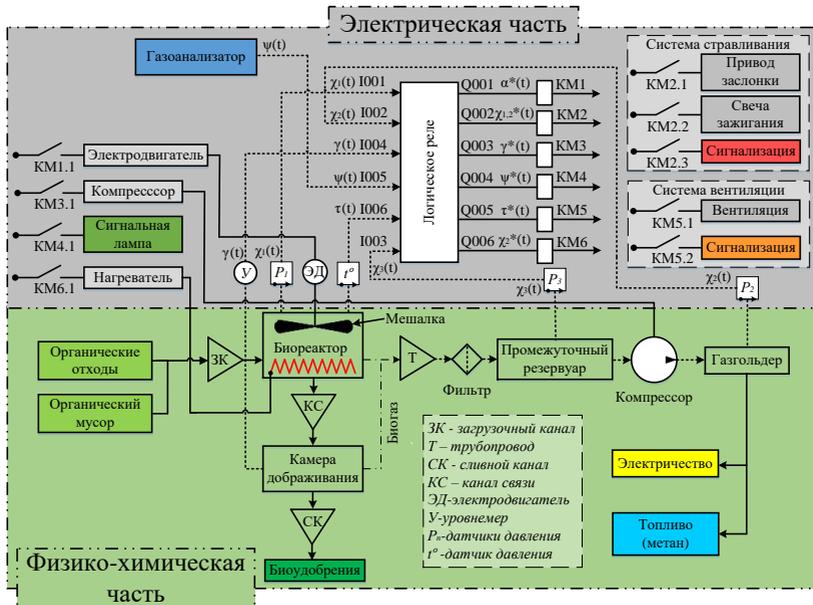


Рис.2. Структурная схема функционирования и схема автоматической системы управления МБГУ

4. Конечным звеном вместо газгольдера будет когенерационная установка, предназначенная для преобразования энергии горения биогаза в электрическую и тепловую энергию.

5. Компрессор должен быть заменен на газовый насос, так как хранение при высоком давлении не предусматривается.

6. Необходим резервуар подготовки перед биореактором, который будет вмещать 3-5 суточных порций биомассы [5].

7. Необходима камера дображивания с метантенком, где будет производится длительное хранение отработанной биомассы.

8. Для перекачивания из одного резервуара в другой, а также для выгрузки из камеры дображивания будут необходимы насосы.

9. Для перемешивания будут использоваться 2 типа мешалок:

- среднеоборотные винтовые мешалки (до 100 об/мин);
- низкооборотные горизонтальные мешалки (5-15 об/мин).

10. В качестве погрузочного механизма твердых отходов будет использоваться шнековый погрузчик.

Система автоматизации будет включать в себя следующие контрольно-измерительные приборы:

- Датчики температуры биореактора. Для контроля мощности системы обогрева [4];
- Датчики давления в газгольдерах биореактора и камеры дображивания [2];
- Датчики уровня во всех емкостях. Для контроля уровня субстрата;
- Расходомеры жидких материалов. Для контроля объема перекачиваемого материала;
- Расходомер газообразных веществ. Для контроля объема вырабатываемого биогаза [3].

Конечная схема системы автоматизации будет выглядеть следующим образом (см. рис. 3).

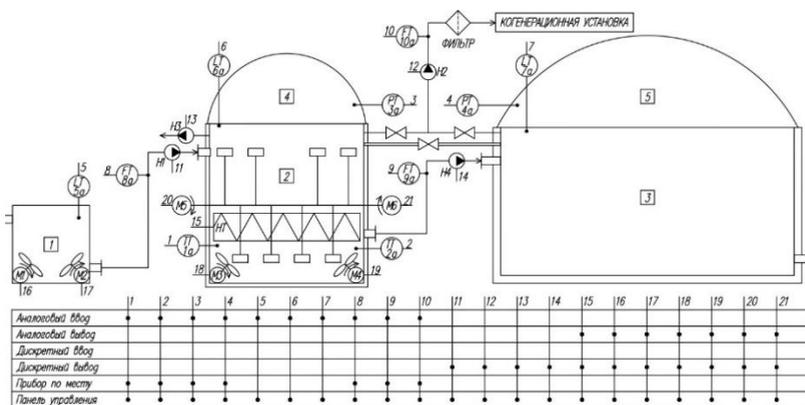


Рис.3. Функциональная схема автоматизации КБГУ.

- 1 – резервуар подготовки, 2 – биореактор, 3 – камера дображивания, 4 – газгольдер биореактора, 5 – газгольдер камеры дображивания, М1-М4 – среднеоборотные мешалки, М5,М6 – низкооборотные мешалки, НТ – система обогрева, Н1, Н2 – насосы для субстрата, Н3 – газовый насос системы стравливания, Н4 – газовый насос газгольдера, ЛТ – датчик уровня, ФТ – расходомер, ТТ – датчик температуры, РТ – датчик давления.

Все эти нововведения позволят:

- Увеличить выработку биогаза;
- Улучшить качество биогаза;
- Улучшить безопасность эксплуатации;
- Снизить расходы на обслуживание;

Научный руководитель: к.т.н. В.Р. Иванова

Литература:

1. Иванова В.Р., Денисова А.Р., Семенов Д.Г. Разработка алгоритма эффективного управления основными элементами электротехнической системы биогазового оборудования // Промышленная энергетика. 2020. №8 С 17-25
2. Ерошенко Г.П., Шаруев Н.К., Евстафьев Д.П., Филатов В.В. Автоматизация работы биогазовых установок // Аграрный научный журнал. 2015. № 9. С. 38.
3. Евстафьев Д.П. Повышение эффективности технологии анаэробной переработки биоотходов применением электротехнического устройства контроля рН. // Автореферат диссертации / Сарат. гос. аграр. ун-т им. Н.И. Вавилова. 2015. 22 с.
4. Терехин А.Р., Галкин Н.С., Забенкова Н.А., Мокрушин С.А. Исследование принципа работы биогазовых установок с целью их дальнейшей автоматизации // Исследования молодых ученых: материалы XIII Междунар. науч. конф – Казань: Молодой ученый, 2020. – С. 12-15. – URL: <https://moluch.ru/conf/stud/archive/380/16008/>
5. Гайфуллин И.Х., Зиганшин Б.Г., Рудаков А.И., Шогенов Ю.Х. Автоматизация процесса анаэробного сбраживания органических отходов // Агроинженерная наука XXI века. Научные труды региональной научно-практической конференции. 2018. С. 339-343.
6. Панцхава Е. С. Биоэнергетика. Мир и Россия. Биогаз. Теория и практика. Монография. М.: Русайнс, 2014. – 1440 с.
7. Маилян А.Л., Геворкян Н.В. Автоматизация биогазовой установки // Вестник Национального политехнического университета Армении. Электротехника, энергетика. 2015. № 2. С. 40-48.

П.В. Юдин¹, В.Н. Шевченко²

*ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»
г. Братск, Zloazazin@yandex¹, vovashevchenko.01@mail.ru²*

**ОРГАНИЗАЦИЯ ОСВЕЩЕНИЯ АВТОДОРОГИ
ПРАВОБЕРЕЖНОЙ ПЛОТИНЫ БГЭС И РАЗРАБОТКА
РЕШЕНИЯ ПО УСТАНОВКЕ ОПОР ОСВЕЩЕНИЯ В
УСЛОВИЯХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СООРУЖЕНИЯ.**

В работе представлены результаты исследований, связанных с организацией освещения автодороги правобережной плотины Братской гидроэлектростанции (БГЭС), с применением возобновляемых источников энергии и установкой опор в условиях гидротехнического сооружения.

В настоящее время в определенном участке трассы А33 1 Братск-Усть-Кут с координатами места «56.277772, 101.799959» протяженностью 4593 м отсутствует какое-либо освещение, а также технические средства дорожного движения для ориентира краев дороги.

Реализация систем освещения в настоящее время имеет две проблемы:

1) Со стороны верхнего бьефа располагается кабель связи ПАО «Ростелеком», что требует согласования по перемещению в другое место;

2) Со стороны нижнего бьефа в некоторых местах имеется низкая стойкость откоса.

Для решения приведенных проблем, в работе были поставлены ряд задач:

- 1) Выбрать оптимальное место размещения осветительных опор
- 2) Рассмотреть вариант, при котором, освещённости дорожного полотна должна соответствовать ГОСТу; [2]
- 3) Рассчитать технико-экономические показатели;
- 4) Использовать возобновляемые источники электроэнергии

Анализ возможных технических решений позволил прорабатывать следующие задачи:

1. Размещение опоры освещения

С помощью технического задания на разработку проектной и рабочей документации по объекту «Модернизация ливнеотводящей системы левобережной, правобережной грунтовой плотины с обустройством пешеходных дорожек и освещения правобережной грунтовой плотины (ПИР)» можно установить опоры на стороне верхнего бьефа, непосредственно на железобетонное полотно за пешеходной дорожкой. Также будет учитываться охранный зона кабеля «Ростелеком» без ущерба откоса верхнего бьефа.

2. Выбор осветительных опор

Предлагаемый вариант предусматривает установку 4,5 м. опоры с круглым основанием стальной трубы, а также квадратным кронштейном. Данная опора не углубляется в землю, а прикручивается армируемыми болтами к бетонной площадке. Предполагается размещение опоры на расстоянии 2 метра от края проезжей части и 13,5 метров друг от друга (рис. 1). [1]

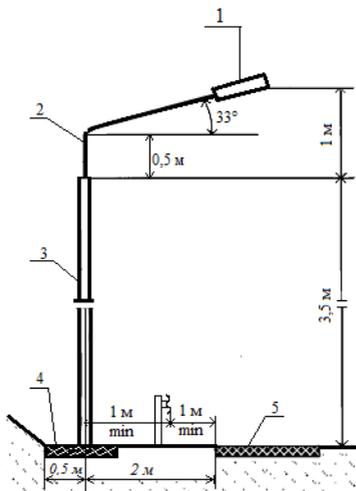


Рис.1. Осветительная опора

где: 1 – светильник Urgan Road; 2- квадратный кронштейн; 3 – круглая опора; 4 – бетонная площадка; 5 – автодорога

В работе приведен расчёт уровня освещённости дорожного полотна с помощью программы DIALux (рис. 2), на основании которого освещенность дорожного покрытия было не менее 8 лк, что соответствует ГОСТу 33.176 [2]. При этом стоимость одной опоры составляет 35907 руб., а светильника 67688 руб. Общее количество 340 штук.

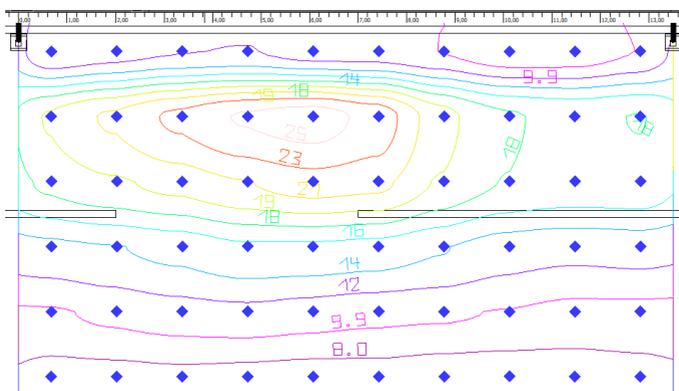


Рис.2. Результаты расчета программы DIALux для автодорожного покрытия

3. Питание осветительных приборов

Для обеспечения электроэнергией светильников было рассмотрено множество вариантов с разными источниками питания и выбрано подключение к трансформатору собственных нужд (ТСН), как показано на рисунке 3. [3]

Систему освещения предполагается подключить к секции №26, которая запитывается от трансформатора собственных нужд №26.

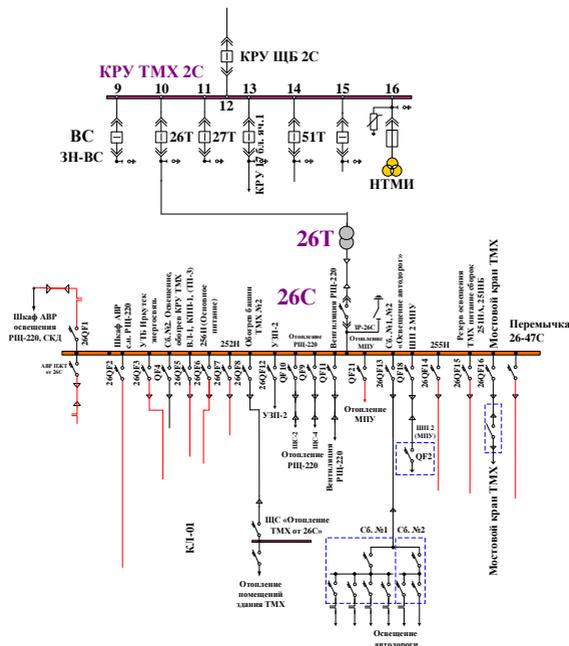


Рис.3. Подключение освещение на ТСН №26

4. Определение технико-экономических показателей

При разработке проектной документации, важным показателем является статический критерий приведенных затрат, на основании которого можно подсчитать итоговую сумму проекта.

$$Z = E_H \cdot K + I \quad (1)$$

где Z – приведенные затраты; $E_H = 0,12$ – коэффициент эффективности капитальных вложений; K – капитальные вложения в строительство системы освещения, руб.; I – ежегодные эксплуатационные издержки, руб.;

На основании известных данных были произведены расчеты:

а) Определение капитальных вложений

$$K = (K_0 + K_{св}) * n \quad (2)$$

где K_0 – затраты на опору, руб.; $K_{св}$ – затраты на светильник, руб; n – количество опор со светильниками

$$K = (35907 + 67688) * 340 = 35222300 \text{ руб}$$

б) Ежегодных эксплуатационных издержек

$$И = A_{св} * C_{св} \quad (3)$$

где: $A_{св}$ – отчисления на покупку запасных светильников каждый год, шт, $C_{св}$ – стоимость светильника, руб.

Учитывая то, что у светильника срок годности – 6 лет, а всего 340 осветительных приборов, то в среднем количество вышедших из работы в течении года светильников составляет 57 шт., тогда:

$$И = 57 * 67688 = 3858216 \text{ руб}$$

в) Значения приведенных затрат:

$$З = 0,12 * 35222300 + 3858216 = 8084892 \text{ руб}$$

Приведем также цены за потребление электроэнергии и зарезервированную мощность от собственных нужд. Для этого произведем следующие расчеты:

г) Суммарную стоимость за электроэнергию

$$C_э = C'_э * S_{\Sigma} * T_{год} \quad (4)$$

где: $C'_э = 0,86$ - стоимость электроэнергии в рублях за кВт/ч; S_{Σ} - суммарная мощность всех установленных светильников в кВт; $T_{год}$ – годовой ресурс работы осветительных приборов в час (среднее значение длительности по временам года)

$$S_{\Sigma} = P * n \quad (5)$$

где: $P = 0,3$ – мощность одного светильника кВт; n – количество светильников

$$S_{\Sigma} = 0,3 * 340 = 102$$

$$T_{год} = t_з + t_в + t_л + t_о \quad (6)$$

где: $t_з$, $t_в$, $t_л$, $t_о$ – среднее значение работы осветительных приборов в каждое время года (зима, весна, лето, осень), часов

$$T_{год} = 1530 + 920 + 644 + 1274 = 4368 \text{ час}$$

$$C_э = 0,86 * 102 * 4368 = 383160 \text{ руб}$$

д) Стоимость резервирования мощности от ТСН. Зная, что 1 МВт в месяц стоит 750000 рублей, можно подсчитать стоимость для нашей суммарной:

$$C_{м(св)} = \frac{C_p * S_{\Sigma}}{P_p} \quad (5)$$

где: $C_{м(св)}$ – стоимость зарезервированной мощности для светильников, руб.; $C_p = 750000$ – цена резервирования за 1 МВт, руб.; $P_p = 10^6$ – исходная мощность, Вт

$$C_{\text{м(св)}} = \frac{750000 \cdot 102000}{10^6} = 76500 \text{ руб}$$

Тогда за год будет:

$$C_{\text{год(св)}} = 76500 \cdot 12 = 918000 \text{ руб}$$

Опираясь на данные, которые были получены ранее, можно подсчитать итоговую стоимость реализации системы освещения автодороги БГЭС:

$$C_{\Sigma} = 3 + C_{\text{э}} + C_{\text{год(св)}} \quad (6)$$

$$C_{\Sigma} = 8084892 + 383160 + 918000 = 9386052 \text{ руб}$$

5. Расчетная нагрузка на опору

Для подготовки бетонной площадки, на которой будут устанавливаться опоры освещения следует рассчитать массу всей системы освещения. Для этого введем следующие значения:

$$M_{\Sigma} = m_{\text{св}} + m_{\text{o}} + m_{\text{кр}} \quad (7)$$

где: M_{Σ} - суммарная нагрузка опоры, кг; $m_{\text{св}}$ – масса светильника, кг; m_{o} – масса основной опоры, кг; $m_{\text{кр}}$ – масса кронштейна, кг

$$M_{\Sigma} = 12,8 + 110,285 + 22,304 = 145,389 \text{ кг}$$

Таким образом, для обеспечения безопасности водителей и пешеходов были разработаны основные технические решения, соответствующие заданным требованиям. В настоящее время работа по освещению автодороги БГЭС находится на стадии разработки, поэтому предложенные варианты и расчеты смогут помочь в создании технического задания.

Научный руководитель: к.т.н., доцент А.В. Струмеляк

Литература:

1) Емцев А.Н., Карпова К.А. Электрическое освещение: Учебное пособие. – Братск: Изд-во БрГУ, 2014. – 138 с.

2) ГОСТ 33176. Дороги общего пользования. Горизонтальная освещенность от искусственного освещения. Технические требования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200119493?marker>. (дата обращения: 25.02.2022г.).

3) Безруких П.П. Возобновляемая энергетика: сегодня – реальность, завтра – необходимость. – М.: Лесная страна, 2007. – 120с.

Д.О. Литвинцев
ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»
г. Братск, rector@brstu.ru

ОБЗОР МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

О солнечной энергетике и перспективах ее развития ведутся споры и дискуссии уже много лет. Большинство считают солнечную энергетiku – энергетикой будущего, надеждой всего человечества. Большое количество компаний вкладывает серьезные инвестиции в строительство солнечных электростанций. Солнечную энергетiku стремятся развивать во многих странах мира, считая ее главной альтернативой традиционным энергоносителям. Альтернативный взгляд на перспективы солнечных электростанций базируется на том, что затраты, которые требуются для изготовления солнечных батарей и аккумуляторных систем, в разы превышают прибыль от производимой солнечными электростанциями электроэнергии. Противники этой позиции уверяют, что все как раз наоборот. Современные солнечные батареи способны работать без новых капиталовложений десятки и даже сотни лет, произведенная ими суммарная энергия равна бесконечности. Вот почему в долгосрочной перспективе электроэнергия, полученная с использованием энергии солнца, станет не просто рентабельной, а сверхприбыльной. На основании этого можно сделать вывод, что данная проблема очень актуальна в настоящее время. В работе выполнен обзор материалов для изготовления фотоэлектрических преобразователей.

Солнечные элементы являются основными компонентами фотоэлектрических преобразователей. Большинство из них изготавливается из кремния с использованием других материалов.

За прошедшие десятилетия, кремний остался практически единственным материалом, используемым для производства солнечных элементов. Хотя другие материалы и технологии уже разработаны, кремний используется более чем в 80% продукции. Кремний является таким популярным из-за того, что это один из самых доступных материалов в земной коре, представленный в форме нетоксичного диоксида кремния.

Монокристаллические и поликристаллические кремниевые солнечные элементы являются двумя основными типами солнечных элементов. Существует также третий тип, аморфный кремний, но его эффективность ниже чем у предыдущих типов, поэтому он редко используется. Другие новые типы солнечных элементов

изготавливаются из меди, индия и диселенида галлия (CIGS) или теллурида кадмия (CdTe). Значительные усилия по исследованиям и разработке сосредоточены на создании новых материалов, но в настоящее время они не являются коммерческой заменой приведенных выше типам солнечных элементов.

Одним из важнейших параметров солнечного элемента является его эффективность, которая определяется процентным соотношением солнечной энергии, преобразованной в электрическую энергию. Она изменяется в стандартных тестовых условиях (STC), интенсивности солнечного излучения 1000 Вт/м^2 , коэффициенте воздушной массы (он характеризует солнечный спектр после прохождения солнечной радиации через атмосферу) А.М. 1.5, и температуре р-п перехода 25°C . Более высокая эффективность солнечного элемента позволяет уменьшить необходимую площадь для получения той-же энергии. Это очень важно в некоторых областях, где объем пространства ограничен, а стоимость зависит от площади установленный фотоэлектрических преобразователей.

Солнечные элементы из монокристаллического кремния являются одними из самых эффективных. Они изготавливаются из тонко нарезанных пластин одиночных кристаллов, полученных из чистого кремния. Это монокристаллические пластины имеют одинаковые, прогнозируемые свойства, поскольку их структура является высокоупорядоченной. При этом, процесс производства должен быть очень тщательным и осуществляться при высоких температурах, что весьма затратно. Эффективность таких элементов составляет порядка 26% и необходимая для выработки мощности 1кВт площадь в условиях STC составляет порядка 6м^2 .

Элементы из поликристаллического кремния также изготавливаются из пластинок чистого выплавляемого кремния. Однако его кристаллическая структура носит случайный характер: в процессе охлаждения кремний кристаллизуется одновременно в нескольких различных точках, образуя неравномерную структуру – кристаллы случайного размера формы. Эти структуры отличаются от монокристаллических элементов, поэтому их эффективность меньше, и составляет 11-15%. Следует, однако отметить, что производственный процесс является менее затратным, что частично компенсирует снижение эффективности. Площадь поверхности фотоэлектрических преобразователей, необходимая для получения 1кВт мощности составляет около 8м^2 .

Аморфный кремний является некристаллической разновидностью кремния, и он может быть использован в виде тонких пленок,

расположенных на различных подложках. Нанесение кремния может осуществляться при низких температурах. Производительный процесс проще, легче и дешевле, чем у кристаллических элементов. Слабым местом этих элементов является низкая эффективность – около 6-8%. Такая эффективность измеряется при стандартных тестовых условиях STC. Однако выработка при слабом и рассеянном солнечном излучении, например, в облачные дни, может быть выше, чем у кристаллических элементов, а температурный коэффициент – меньше. Аморфный кремний также лучше поглощает свет, поэтому несмотря на низкую эффективность тонкопленочные элементы являются конкурентоспособной и перспективной технологией. Первые солнечные элементы были изготовлены по тонкопленочной технологии. Они использовались с 80-х годов в пользовательских электронных устройствах, например – калькуляторах. В последние годы эти элементы снова начинают использоваться в силовых приложениях, из-за характеристик, указанных ранее.

Один из распространенных вариантов применения в настоящее время – облицовок зданий, например, фасадов, поскольку их стоимость сопоставима с другими высококачественными облицовочными материалами, обеспечивая при этом преимущества выработки электроэнергии. Основными преимуществами тонкопленочных технологий является простота производства при низких температурах с использованием недорогих подложек и непрерывного производственного процесса, позволяющего избежать монтажа отдельных пластин. Также важным является потенциал по снижению веса и повышению гибкости солнечных элементов. Эти преимущества являются общими не только солнечных элементов, изготовленных из аморфного кремния, но и для всех тонкопленочных элементов.

Как отмечалось ранее, кроме кремния существуют другие материалы, которые могут быть использованы для изготовления солнечных элементов. Эти вещества также используются в виде тонких пленок, поэтому они имеют те-же преимущества, что и тонкопленочные кремниевые элементы, но с более высокой эффективностью. Таким из перспективных материалов является теллурид кадмия. Он используется для производства высокоэффективных и дешевых солнечных модулей. Этот материал является прямозонным полупроводником с большим коэффициентом оптического поглощения ($\sim 10^5 \text{ см}^{-1}$) в видимом диапазоне и имеет почти идеальную ширину запрещенной зоны (1,5 эВ) для ячеек с одним переходом. Благодаря этому пленка CdTe толщиной всего несколько микрон поглощает $\sim 90\%$ солнечного излучения. В настоящее время разработаны разнообразные промышленно

эффективные технологии получения пленок CdTe, такие как сублимация, осаждение из аэрозоля или «мокрая» печать, рост из раствора, электроосаждение, различные физические методы испарения/осаждения. Все эти методы позволяют получать пленки CdTe большой площади с большой скоростью осаждения: $\sim 1 \text{ м}^2/\text{мин}$. Рекордная эффективность ячейки на основе CdTe составляет 16,5% серийного коммерческого модуля – 11%; а типичные коммерческие модули имеют эффективность 7–9%.

Ещё одним перспективным материалом является для солнечных элементов. Современный рекорд эффективности для лабораторных устройств на основе CIS с добавлением Ga составляет 19,5%, что превышает эффективность элементов на поликристаллическом кремнии. Модули коммерческого размера имеют эффективность более 13%. Были также изготовлены ячейки с эффективностью 18,6%, не содержащие кадмия. Для получения крупнокристаллических пленок высокого совершенства на разных этапах их синтеза варьируют стехиометрию по меди и индию. Одним из ключевых аспектов технологии является присутствие натрия, для чего используют Na-содержащее стекло или натрий вводят дополнительно в виде различных солей в случае использования металлических или полимерных подложек. Недостатком этих устройств является сложность получения высококачественных пленок CIGS, обусловленная сложностью фазовой диаграммы этого четверного соединения, а также деградация свойств в результате атмосферного влияния.

Таким образом, кремний – это современный и доступный материал для изготовления фотоэлектрических элементов, но энергетика не стоит на месте. Будут изобретены новые материалы эффективней кремния.

Научный руководитель: к.т.н., доцент А.В. Струмеляк

Литература:

1. «Солнечная энергетика сегодня. Перспективы солнечной энергетике в России и в мире» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://alternativenergy.ru/solnechnaya-energetika/507-solnechnaya-energetika-elektrostantsii-perspektivy.html>

2. «Тонкопленочные фотоэлектрические солнечные элементы» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.prosolar.ru/articles/fotoelementy-na-osnove-tonkih-plenok-poluprovodnikov/>

М.С. Доброклонская

ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»
г. Москва, m.dobro42@gmail.com

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РАСЧЁТНЫХ ПРОГРАММ НЕОБХОДИМЫЙ ДЛЯ ПРОГРАММНОГО РАСЧЁТА ПЕРЕДАЮЩЕГО БЛОКА С ТРАНСФОРМАТОРОМ ТЕСЛА ОДНОПРОВОДНОЙ РЕЗОНАНСНОЙ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Резонансные системы, предназначенные для эффективных резонансных технологий и в частности передачи энергии в резонансном режиме на повышенной частоте, предполагают, что первичная обмотка трансформатора Тесла, работает от преобразователя напряжения, который преобразовывает сетевое электричество в частотное электричество с частотой равной собственной резонансной частоте трансформатора Тесла. Резонансные технологии высокоэкономичные и в связи с этим перспективны, но они работают только в строго стабильном режиме, любое воздействие на резонансную систему приводит к сбою резонансной частоты, энергия пропадает, или добавляет мощность, и система разрушается [2, 3]. Следовательно, необходимо программное обеспечение, которое учитывая все внешние факторы, влияющие на резонансную систему должны удерживать её в стабильном режиме, хотя в действительности потребители постоянно включают или выключают электрооборудование, а это влияет на стабильность резонансной системы.

Схема питания резонансной системы от сети.

Схема преобразователя, питающего от трёхфазной сети резонансную систему передающего блока представлена на рисунке 2. Она состоит из выпрямителя, трёхфазной диодной схемы мост Ларионова, с электролитическим конденсатором C_1 на стороне постоянного тока, предназначенным для сглаживания высокочастотных гармоник. Катушки индуктивности L_5 , L_6 , L_7 на входе схемы предназначены для защиты трёхфазной сети от гармоник, попадающих в сеть, возникающих при работе схемы преобразователя.

Напряжение сети 380 В переменного напряжения, частотой 50 Гц, после диодного моста в звене постоянного тока на клеммах конденсатором C_1 520 В постоянного напряжения. К положительному и отрицательному выводам подключены два электронных ключа, управляемые коммутаторами тока. Эти коммутаторы переключаются с частотой, равной собственной частоте колебательного контура в состав

которого входят трансформатор Тесла, катушки L_1 и L_2 , а также конденсаторы C_2 и C_3 (рисунок 2) [1].

Схема управления представляет собой типичную конструкцию широтно-импульсной модуляции (ШИМ) с небольшими корректировками.

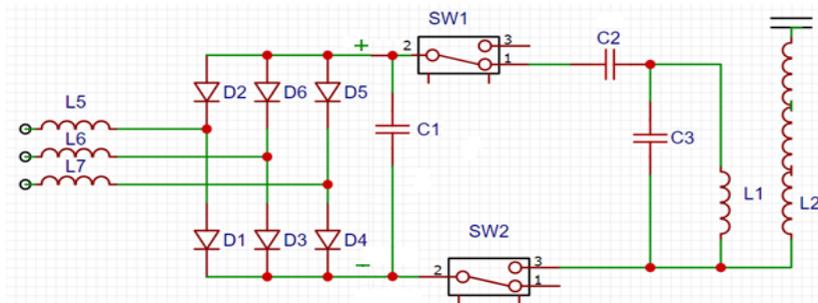


Рис.2. Схема преобразователя, питающего от трёхфазной сети резонансную систему передающего блока

ШИМ регулирует среднее значение напряжения путём регулирования коэффициента заполнения. Среднее значение напряжения равно произведению коэффициента заполнения и амплитуды напряжения. Широтно-импульсная модуляция позволяет регулировать напряжение в пределах от 0 до амплитуды сигнала.

Нагнетающий дроссель индуктивностью L_1 принимает энергию от конденсатором C_1 , накапливает её и отдаёт энергию во вторичную, высоковольтную катушку Тесла L_2 . Катушка Тесла L_2 , низковольтным концом подключена к земле шины заземления или к буферу, или к собственной ёмкости для создания потенциала напряжения между высоковольтным и низковольтным выводами. Высоковольтный конец подключён к однопроводной линии для передачи энергии от трансформатора Тесла в линию, рисунок 2. Энергия передаётся импульсами для накачки резонансного контура с частотой равной собственной частоты контура и линии.

Анализ существующих запатентованных решений

Изучены официальные бюллетени «Программы для ЭВМ. Базы данных. Топологии интегральных микросхем» из Базы Данных Российского Патентного ведомства (FIPS) [4]. Эта база позволяет изучить описание программ, которые были зарегистрированы с 2013 года.

Ряд бюллетеней [5, 6, 7] описывает программные решения, реализующие методики для оптимизации и управления децентрализованными электротехническими системами с распределенной генерацией (ДЭС с РГ), в частности при эксплуатации электроэнергии систем промышленных предприятий на базе электроустановок средней мощности.

Из работ авторов патентов [8, 9], известно, что эти методики направлены на выявление и стабилизирования колебаний режимных параметров и поддержание изменений напряжения и частоты систем в заданном диапазоне и снижению потери электроэнергии и мощности при передаче электроэнергии в ДЭС с РГ. А также известно, что эти программы были апробированы на компьютерных моделях ДЭС с РГ отличающиеся детализацией схем замещения нагрузки потребителей.

Применительно к задаче создания программного обеспечения резонансной однопроводной системы, программы, описанные в этих бюллетенях, реализуют методики, необходимые для развернутого контроля и управления системами передачи энергии. Однако эти решения и методики разработаны для принципов передачи энергии “трехфазной четырёхпроводной электротехнической системы с распределённой генерацией” [5].

Всевозможные SCADA - системы для автоматизации технологического процесса передачи и распределения электрической энергии обладают рядом преимуществ. В частности, патент на программное обеспечение ARIS SCADA [10] описывает две части программы - для сервера и для рабочих станций. При этом отмечено что сбор и обработка информации осуществляется телеметрическим способом и дистанционно. Такой программный комплекс совместно со специальным оборудованием позволяет отслеживать и хранить состояние всех подключенных узлов системы в соответствии с настройками диспетчеров. Однако управление не включает автоматическое изменение мощности в линии, в зависимости от изменения нагрузки пользователя, что требуется для предлагаемой системы. Так же ждёт уточнения вопрос - отслеживает ли этот программный комплекс изменения напряжения в сети.

Следующий зарегистрированный бюллетень с описанием программы «Программа для исследования медленных изменений напряжения при изменении нагрузки электрической сети» [11] поддерживает функционал для “определения параметров распределения медленного изменения напряжения;”. Однако, как следует из описания заявки и публикаций авторов [12, 13] - цель этой программы в выявлении наличия кондуктивной электромагнитной

помехи в сетях низкого напряжения, а также эта программа написана для устаревших операционных систем Windows XP/2003/Vista/7/8 и реализована на языке программирования G, который поддерживается только одной средой разработки LabVIEW. Решение, поиску которого посвящена эта статья, требуется большая программная гибкостью и масштабируемость.

Изучен еще один официальный бюллетень на программу «Энергоэффективное распределение нагрузки между источниками энергии в многосвязной модели энергосети с распределенными энергетическими комплексами» [14]. Предназначение программы в описании - управлять распределением нагрузки между несколькими источниками энергии и поддерживать энергетический баланс энергосети. Последняя возможность наиболее значима для программы управления новой резонансной системой. Расширенное изучение работ авторов [15,16], предшествующих регистрации заявки, даёт больше понимания упомянутой многосвязной модели энергосети с распределенными энергетическими комплексами. Эта модель обеспечивает подачу энергии к приёмникам от нескольких синхронных генераторов. Алгоритм программы предполагает автоматически перераспределять мощность с появлением нового источника энергии или нового потребителя. Важно, что количество энергии у потребителя определяется суточным графиком потребления мощности для этого потребителя. Преимущество такой системы является связь потребителя сразу с несколькими генераторами энергии, что является защитой системы от выхода из строя части источников.

Однако, принимая в описании программного обеспечения в работах авторов, можно заключить, что алгоритм их работы не предполагает перераспределения энергии в системе и её балансировки при изменении нагрузки у потребителя.

Для полноты анализа также изучены доступные зарегистрированные программы и методы резонансной передачи энергии в международных патентных базах WIPO и USPTO.

Изучены патентные заявки на изобретение, относящиеся к понижающему преобразователю энергии [17]. Важным для текущего анализа пунктом является предложение компьютерного программного продукта для управления драйверами электронных ключей в схемотехнических устройствах. Схемы предложенных устройств, как и один из возможных вариантов первичного контура резонансной системы, включают в себя резонансный контур и два электронных ключа. Патент описывает программируемую цепочку управления частотой переключения электронных ключей в зависимости от

параметров резонансного контура. При этом учитывается время задержки между переключениями ключей, когда один из ключей уже закрыт, а второй ещё не открыт. Это необходимо для избежание резкого возрастания амплитуды или короткого замыкания, последующего перегорания или перегрева компонентов схемы.

Несмотря на преимущество заявленного устройства *и заявленные возможности*, преобразования переменного сетевого напряжения в постоянное, патент не содержит конкретного программного обеспечения и лишь предлагает реализовать описанные инструкции как машинные инструкции для программируемого процессора на языках программирования разного уровня.

Ряд запатентованных изобретений [18, 19, 20] предлагают обмен накопленной энергией посредством транзакций между узлами или отдельными потребителями. Система основана на том, что часть потребителей также имеют определенную производственную мощность в виде солнечных, ветровых установок. Излишки энергии перепродаются в сеть посредством интеллектуальных контрактов, которые могут обеспечивать автоматизированный контроль за передачей энергии без посредников и с открытой информацией о транзакции. Такой подход предлагается использовать для последующей цифровизации энергетической отрасли и уменьшения мошеннических операций с электрической энергией.

Описанные в патентах изобретения, обладают очевидными преимуществами только для развитых регионов. Поскольку важным преимуществом резонансной системы является независимость от стихийных бедствий и геологических особенностей, она требует более простого и самодостаточного способа управления и контроля передачей энергией.

Следующий изученный патент [21] предлагает систему, состоящую из резонансных схем беспроводного приёма и передачи электрической энергии. Изобретение интересно тем, что содержит схему измерения добротности резонансного контура производящего электрическую энергию и схему для передачи эталонного коэффициента добротности, и добротность электроэнергии на устройство подачи электроэнергии. Эта логика управляется программируемым контроллером, считывающим эталонный коэффициент добротности из памяти. Определение добротности и логика сравнения текущего коэффициента с эталонным, включены в запатентованное устройство для определения наличия посторонних металлов между приёмником и передатчиком. Помимо схем предлагается метод наблюдения за изменением параметров (тока,

напряжения и т.п.), когда между приёмником и передатчиком определяется наличие постороннего металла. Метод допускает подавление таких изменений без ограничений мощности. Предполагается, что при обнаружении постороннего объекта в приёмник будет поступать уже запасённая энергия. Энергия запасается в специальной секции в количестве необходимом для функционирования системы во время измерения добротности или во время обнаружения постороннего объекта, в зависимости от предлагаемого способа реализации.

Несмотря на то, что принцип передачи энергии и область применения такой беспроводной системы существенно отличается от тех же аспектов однопроводной резонансной системы, рассмотренный патент является одним из немногих предложений регулирования и притом программных параметров устройства приёма/передачи энергии в зависимости от появления внешних факторов. В случае с однопроводной резонансной системой основным из таких факторов будет являться изменение нагрузки потребителей на сети.

Таким образом, ссылаясь на открытые данные Роспатента (ФИПС) и международных патентных баз WIPO и USPTO, можно заключить, что программное обеспечение, для управления однопроводной резонансной системой только будет предложено позднее.

Данный анализ показал целесообразность и актуальность создания программ, обеспечивающих расчёт составных частей однопроводной резонансной системы передачи энергии с трансформатором Тесла, как основного оборудования передачи.

Научный руководитель: к.т.н., ведущий специалист О.А. Рошин

Литература:

1. Рошин О.А. Принцип и работа однопроводниковой резонансной системы. (ГНУ ВИЭСХ) // Инновации в сельском хозяйстве. 2014. № 3 (7). С. 36-39.

2. Юферев Л.Ю., Стребков Д.С., Рошин О.А. Экспериментальные модели резонансных систем передачи электрической энергии // Под ред. Л.Ю. Юферева. Посвящается 80-летию ВИЭСХ. 1930-2010. – М: ГНУ ВИЭСХ. 2010. (монография). – 180с.

3. Yiou He, M. Woolston, D. Perreault, Design and Implementation of a Lightweight High Voltage Power Converter for Electro-aerodynamic Propulsion, Massachusetts Institute of Technology // 2017 IEEE 18th Workshop on Control and Modeling for Power Electronics (COMPEL)

4. Федеральный институт промышленной собственности [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://new.fips.ru/iiss/search_res.xhtml?faces-redirect=true

5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019619453 Российская Федерация. Модель расчета параметров трехфазной четырехпроводной электротехнической системы с распределенной генерацией: № 2019618488: заявл. 10.07.2019; опубл. (зарег.) 17.07.2019 / Б.А. Косарев; заявитель АО «ОНИИП». – 1 с. 17.

6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019665189 Российская Федерация. Устранение отклонений напряжения и частоты, подавление хаотических колебаний в электротехнической системе с распределенной генерацией: № 2019663698: заявл. 1.11.2019; опубл. (зарег.) 20.11.2019 / Б.А. Косарев; заявитель АО «ОНИИП». – 1 с. 18.

7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020615877 Российская Федерация. Динамическое перераспределение источников питания по центрам электрических нагрузок в электротехнической системе с распределенной генерацией: № 2020614985: заявл. 15.05.2020; опубл. (зарег.) 3.06.2020 / Б.А. Косарев; заявитель АО «ОНИИП». – 1 с.

8. Косарев Б.А. Методики управления децентрализованными электротехническими системами с распределенной генерацией, Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: автореф. дис. канд. наук. Новосибирск, 2020. 21 с

9. Б.А. Косарев и др., Динамическое перераспределение источников питания в электротехнической системе с распределенной генерацией // Омский научный вестник. – 2019. – №2 (164). – С. 50-55.

10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014611980 Российская Федерация. ARIS SCADA: № 2013661821: заявл. 18.12.2013; опубл. (зарег.) 20.03.2014 / Д. Н. Дмитриев, И.В. Нечасев, Е.В. Кормильцев

11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016615972 Российская Федерация. Программа для исследования медленных изменений напряжения при изменении нагрузки электрической сети: № 2016613475: заявл. 11.04.2016; опубл. (зарег.) 20.07.2016 / А. И. Антонов, Ю.М. Денчик, Д.А. Зубанов, Н.В. Зубанова, А.А. Руппель

12. Руди Д. Ю. Исследование показателей качества электроэнергии в рабочей электрической сети цеха металлоизделий / В сб.: Теоретические и практические проблемы развития современной науки: Сборник материалов XVIII Международной научно-практической конференции. 2019. С. 7–14.

13. Денчик Ю.М., Сальников В.Г., Гноевой А.В., Составляющие неактивной мощности в электрической сети при гармоническом воздействии / Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока №1 2013. С. 270 - 271

14. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018612987 Российская Федерация. Энергоэффективное распределение нагрузки между источниками энергии в многосвязной модели энергосети с распределенными энергетическими комплексами: № 2018610041: заявл. 09.01.2018: опубли. (зарег.) 01.03.2018 / В. А. Шевченко, М.Ю. Медведев

15. В.А. Шевченко, М.Ю. Медведев, В.Х. Пшихопов, Метод распределения коэффициента нагрузки синхронного генератора в пределах сегмента энергосети // Инженерный вестник Дона, № 4 (2015) С. 1 - 5

16. В.Х. Пшихопов, М.Ю. Медведев, В.А. Шевченко, А.А. Мазалов, И.А. Тибейко, Многоуровневая система распределенного управления интеллектуальными энергосетями, // Инженерный вестник Дона, №4 (2014)

17. Bassam Marawi, Step-down power conversion with zero current switching, US20180013351

18. Unagami et al., Control method, controller, data structure, and power transaction system // EP3869426A1, Date of publication: 25.08.2021 Bulletin 2021/34, Applicant: Panasonic Intellectual Property Corporation of America

19. Shibuya et al., Stored power production source management device, method, and storage medium // United States Patent Application 20220078069, Filing Date: May 20, 2019: Applicant: Kabushiki Kaisha Toshiba, Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation

20. Jin, et al., Energy storage management device, power generation system and power distribution method based on blockchain technology; United States Patent 11,264,826; US 20210320517 A1; Publication Date Oct 14, 2021

21. Nakano, et al., Energy receiver, detection method, *power transmission* system, detection device, and energy transmitter; United States Patent 11,271,428; US 20200343769 A1; Publication Date Oct 29, 2020

А.Ш. Файзуллина

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Faizullina_98@mail.ru*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОДВЕСНЫХ ИЗОЛЯТОРОВ

Полимерные изоляторы появились относительно недавно, но благодаря своим основным преимуществам стали вытеснять стеклянный и фарфоровые изоляторы. Полимерные изоляторы наружной установки изготавливаются из эпоксидных компаундов на основе циклоалифатических смол, из кремнийорганической резины, из полиэфирных смол с минеральным наполнителем и добавкой фторопласта. Данные изоляторы имеют высокую электрическую прочность, достаточную трекинг-стойкость и высокую механическую прочность, которая достигается посредством армирования их стеклопластиком.

Полимеры – продукт органической химии. Химические и физические свойства материалов часто изменяются. Это вызвано непрекращающимся химическим процессом, продолжающимся до полного распада полимеров на мономеры. Материал является водонепроницаемым и пожароопасным.

В 1997–2007 гг. на ВЛ 110–500 кВ было зафиксировано 2808 случаев повреждения гирлянд изоляторов, что составило 29,7% от общего количества повреждений всех элементов ВЛ. 80% повреждений гирлянд изоляторов произошло на ВЛ 110 кВ. На ВЛ 750 кВ повреждений гирлянд изоляторов, приведших к технологическим нарушениям, не было. Было повреждено: – гирлянд фарфоровых изоляторов – 1483; – гирлянд стеклянных изоляторов – 814; – полимерных линейных изоляторов – 511.

Основные причины повреждения гирлянд изоляторов:

- атмосферные перенапряжения – 29,3%;
- расстрел изоляторов – 17,5%;
- дефекты изготовления и монтажа изоляторов – 17,3%;
- старение изоляторов – 7,9%;
- загрязнение изоляции, в том числе птицами – 8,3%;
- посторонние воздействия и недостатки эксплуатации – 7,3%.

Для каждого типа изоляторов можно выделить следующие основные причины.

Стеклянные изоляторы:

- расстрел изоляторов посторонними людьми – 29,1%;
- атмосферные перенапряжения – 27,1%.

Фарфоровые изоляторы:

- атмосферные перенапряжения – 46,9%;
- старение, износ – 19,2%.

Полимерные изоляторы:

- дефекты изготовления и монтажа – 76,7%;
- атмосферные перенапряжения – 7,4%;
- другие причины (сверхрасчетные гололедно-ветровые нагрузки, загрязнения, дефекты эксплуатации) – 15,9%

Расстрел стеклянных изоляторов приводит не только к снижению электрической прочности гирлянд изоляторов, но и к полному их обрыву и падению проводов.

Для выявления эффективности рассмотренных изоляторов необходимо определить критерии изолирующих конструкций. В процессе исследования были выбраны следующие критерии, представленные в таблицах 1 и 2:

Таблица 1 - Достоинства:

Критерии	Стеклянные изоляторы	Фарфоровые изоляторы	Полимерные изоляторы
Производство	технологический процесс производства может полностью автоматизироваться и механизироваться	Изоляторы из глиноземистого фарфора очень ровно покрываются глазурью для придания гладкости и тем самым снижения загрязняемости	Самыми дешёвыми по себестоимости изготовления являются полимерные изоляторы; Отсутствует нужда в трудоёмкой сборке гирлянд
Хранение	Химические и физические свойства материала не изменяются с течением времени;	Химические и физические свойства материала остаются неизменными с течением времени;	низкий вес
Транспортировка	Меньший вес стеклянных изоляторов и большее их количество в стандартной упаковке позволяют экономить 20% стоимости транспортировки; Не деформируются	Не деформируются	Полимерные изоляторы обладают сниженным весом (более чем на 90%); надёжность и удобство транспортировки; отсутствует бой при транспортировке

Монтаж	Любое повреждение легко определяется визуально, как следствие, не требуются периодические проверки под напряжением	В отличие от гирлянд тарельчатых изоляторов они не нуждаются в замене в процессе эксплуатации, что исключает необходимость осмотров и ремонтных работ под напряжением.	Полимерные изоляторы легче, чем стеклянные или фарфоровые, что создает удобство при монтаже
Эксплуатация	Гарантированное отсутствие скрытых дефектов внутри изоляционного тела, что исключает возможность возникновения токов утечки; Стеклянные изоляторы не подвержены старению, так как в теле изолятора не появляются со временем микротрещины	Наивысшая прочность, способны выдерживать даже удар молнии; Материал устойчив к воздействию ультрафиолета, агрессивным выбросам химических предприятий; Фарфор сохраняет свои характеристики практически неизменными в течение всего срока эксплуатации.	Высокая механическая прочность, Высокая стойкость к перенапряжению, Устойчивость к атмосферным загрязнениям; высокая вандалоустойчивость

Таблица 2 - Недостатки

Критерии	Стеклянные изоляторы	Фарфоровые изоляторы	Полимерные изоляторы
Производство	значительные затраты на сборку гирлянд	значительная трудоемкость сборки гирлянд;	Более сложная форма производства, использование вредоносных химических элементов
Хранение	Хрупкость	Хрупкость	Возможна деформация
Транспортировка	Значительный вес Высокая хрупкость	Значительная масса. требует особого внимания, т.к. изоляторы	Длительное пребывание ребер в деформированном

		хрупкие и высокая вероятность боя их тяжелыми предметами.	состоянии может привести к потере их геометрической конфигурации;
Монтаж	Расцепление гирлянды является экстренным случаем, при котором необходим оперативный выезд бригады.	Тяжело увидеть дефект, как у стекла, так как прозрачность стекла позволяет легко обнаружить при внешнем осмотре мелкие трещины и другие внутренние дефекты	Не всегда можно выявить имеющиеся скрытые дефекты
Эксплуатация	любое повреждение закаленного стекла приводит к разрушению изолирующей тарелки, высокий риск вандализма	поверхность фарфора подвержена накоплению "грязи" (образованию грязевой пленки), что требует периодического обмыва изоляторов	Ультрафиолетовое излучение и солнечная радиация, ускоряющие старение полимера и повышенные температуры уменьшают механическую прочность материала, который подвержен влиянию практически всех выбросов металлургических и химических производств

Таблица 3 - Оценка видов изоляторов на этапах цикла жизни

Критерии	Стекланный	Фарфоровый	Полимерный
Производство	+	+	+
Хранение	-	-	+
Транспортировка	-	-	+
Монтаж	+	-	-
Эксплуатация	+	-	+

Вывод: Исходя из проведенного анализа на этапах цикла жизни изолятора наиболее эффективным считается полимерный изолятор. К числу преимуществ данного изолятора входит – высокая устойчивость к атмосферным загрязнениям, гидрофобность, простота и удобство

монтажа, высокая стойкость к перенапряжениям, высокая вандалоустойчивость, а также полимерные изоляторы обладают сниженным весом (более чем на 90%) по сравнению со стеклянными и фарфоровыми изоляторами.

Научный руководитель: к.т.н. Р.Н. Балобанов

Литература:

1. «Причины и характер повреждаемости компонентов воздушных линий электропередачи напряжением 110-750 кВ в 1997-2007 гг». 1997, Ефимов Е.Н., Тимашова Л.В., Ясинская Н.В [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26005581>

2. «Линии электропередачи – 2010: проектирование, строительство, опыт эксплуатации и научно-технический прогресс» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.elsi.ru/upload/medi alibrary/32c/32c06c9a0faf1b8561143be41a96c9e3.pdf>.

3. «Изоляторы из стекла, фарфора, полимера: преимущества и недостатки [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://remsk.ru/arti cles/izolyatori-iz-stekla-farfora-polimera-preimyshestva-i-nedostatki](https://remsk.ru/articles/izolyatori-iz-stekla-farfora-polimera-preimyshestva-i-nedostatki).

4. «Применение дугозащитных и полевыравнивающих устройств для высоковольтных линейных изоляторов» [Электронный ресурс] – Р ежим доступа: <https://mobile.ruscable.ru/article/1520/>.

5. «Проектирование подстанций систем электроснабжения» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://core.ac.uk/download/212963558.pdf>

6. «Достоинства и недостатки различных типов изоляторов для ЛЭП» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://locus.ru/about/library/dostoinstva-i-nedostatki-razlichnyh-tipov-izolyatorov-dlya-lep/>

7. «Достоинства и недостатки различных изоляторов» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://metenergo.com/news/dostoinstva-i-nedostatki-razlichnykh-izolyatorov/>

А.Д. Юдин
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»
г. Казань, Andreww_999@mail.ru

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ, ОТРАБОТАВШИХ НОРМАТИВНЫЙ СРОК СЛУЖБЫ

Силовые трансформаторы являются связующим звеном между электростанцией и электрическими сетями, в значительной мере определяющим надежность работы энергосистемы, поэтому проблема поддержания технического состояния трансформаторов и продления срока их службы стоит достаточно остро.

На сегодняшний день общее состояние трансформаторного оборудования характеризуется физическим износом: более 60 % трансформаторов напряжением 10/0,4 кВ отработали нормативный срок службы (25 лет). Однако опыт эксплуатации показывает, что после отработки нормативного срока службы значительная часть маслонеполненных трансформаторов остается в рабочем состоянии [1].

Самым уязвимым элементом трансформаторного оборудования является изоляция. Существует два вида изоляции – твердая и жидкая. К жидкой изоляции относится масло, которое, в свою очередь, и является самым уязвимым. Поэтому специалисты разрабатывают системы контроля и мониторинга состояния трансформаторного масла, с помощью которых можно прогнозировать ее остаточный ресурс для своевременного ремонта.

Часто изоляция обмоток работает в сложных условиях, что ухудшает ее свойства. Трансформаторное масло в данном случае – ведущий диэлектрик, который несет большой объем диагностической информации [2,3].

Качество масла определяется лабораторными испытаниями его образцов, взятых из трансформаторов. Однако периодичность отбора проб определена только для сокращенного физико-химического анализа, в объем которого входят такие показатели как пробивное напряжение, температура вспышки в закрытом тигле и кислотное число [4,5].

Хроматографический анализ дает возможность, по образцам трансформаторного масла в работающем электрооборудовании, обнаружить повреждения и дефекты в электрооборудовании. Делается это на основе семи газов: H₂ (водород), CH₄ (метан), C₂H₂ (ацетилен), C₂H₄ (этилен), C₂H₆ (этан), CO (оксид углерода) и CO₂ (диоксид углерода).

Мониторинг состояния масла в силовых трансформаторах во время работы осуществляется с точки зрения параметров, которые не позволяют выявить начальные периоды ухудшения его свойств. В процессе эксплуатации трансформаторов качество масла также оказывает серьезное влияние на бумажную изоляцию [6].

Проведение анализа трансформаторного масла по показателям, наиболее полно отражающим его состояние, позволит своевременно провести такие профилактические мероприятия, как фильтрация, очистка, сушка, регенерация и т.п.

Это уменьшит затраты, повысит надежность и долговечность трансформаторов, которые выполнили нормативный срок службы. Поэтому актуальной задачей является изучение особенностей диагностики масляных трансформаторов 10/0,4 кВ, эксплуатируемых в рамках потребителей [3,7].

Научный руководитель: к.т.н., доцент, Е. А. Миронова

Литература:

1. Алексеев, Б. А. Обследование состояния силовых трансформаторов / А. Алексеев // Электрические станции. – 2003. – № 5. С. 6-10.
2. Иванов, В. С. Вопросы испытания и эксплуатации трансформаторных масел / В. С. Иванов. – М., 1962. С. 12-23.
3. Ву, Н., Хроматографические методы исследования органических экстрагентов трансформаторного масла / Н. Ву, В. Ф. Новиков // Известия высших учебных заведений. – 2020. – №22(6). С. 202-210. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.energyret.ru/jour/article/view/1627> (дата обращения: 09.04.22).
4. Алексеев, Б. А. Продление срока службы изоляции силовых трансформаторов / Б. А. Алексеев // ЭЛЕКТРО. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая пром-ть. – 2004. – № 3. С.7-18.
5. Нгуен, З. Проблема определения антиокислительной присадки в трансформаторном масле хроматографическими методами / З. Нгуен, В. Ф. Новиков // Известия высших учебных заведений. – 2020. – № 22(5). С. 107-115. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.energyret.ru/jour/article/view/1448> (дата обращения: 09.04.22).
6. Попов, Г. В. Вопросы диагностики силовых трансформаторов: монография / Г. В. Попов; ФГБОУ ВПО «Ивановский ГТУ». – Иваново, 2012. С. 55.

7. Хальясмаа, А. И. Методы интерпретации результатов хроматографического анализа масла трансформаторного оборудования / А. И. Хальясмаа, В. К. Овчинников // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2021. – Т. 13. – № 1(49). – С. 177-190. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46425046&> (дата обращения: 09.04.22).

В.Р. Акмалтдинова

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»
г. Казань, Vakmaltdinova99@mail.ru*

ВЫБОР СИСТЕМ МОНИТОРИНГА СИЛОВЫХ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

Одной из основных составных частей современных электроэнергетических систем являются линии электропередачи. Для построения надежной системы электроснабжения все чаще используют кабельные линии (КЛ) взамен воздушным.

Маслонаполненные кабели (МНК) раньше использовались для прокладки силовых кабелей, но в последнее время широкое распространение получили однофазные силовые кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ) [4].

МНК представляют собой силовые кабели, у которых бумажная изоляция пропитана минеральным маслом под давлением. МНК в России и странах СНГ используются для электроснабжения городов, для производства электроэнергии от ТЭС и ГЭС, а также для передачи электроэнергии по труднопроходимой местности (горные районы, акватории и т.д.) [1]. При использовании кабелей с изоляцией из СПЭ основным преимуществом является более высокая надежность кабельной линии. Но также кабели из СПЭ в диаметре меньше, по сравнению с МНК, поэтому они прокладываются большими длинами. Таким образом уменьшается количество подключений, и повышается надежность [5].

С целью результативной и безаварийной работы КЛ преимущественно используются пять методов диагностики:

1. Распределенный температурный мониторинг кабельных линий.
2. Контроль наличия дефектов изоляции наконечника и соединительных гильз частичными разрядами [6].
3. Метод диагностики по наличию дефектов в изоляции кабеля.

4. Определение вида и степени развития неисправности кабельной линии.

5. Наиболее точное определение места дефекта в кабельной линии [2].

Реализация данных диагностических методов возможна только при совместном использовании трех дополняющих друг друга методов, способов контроля состояния КЛ под рабочим напряжением [3].

Первый метод - диагностика технического состояния КЛ на базе постоянного измерения продольного профиля температуры КЛ при помощи встроенных оптических линий. Второй - оперативный контроль и наблюдение за техническим состоянием КЛ, который основан на измерении ЧР в изоляции муфт и кабеля. И третий - Метод емкостных токов утечки в экранах КЛ.

Данные методы контроля состояния КЛ под рабочим напряжением имеют свои сильные стороны, но также и недостатки. И направлены для решения различных диагностических задач [7].

Научный руководитель: к.т.н., доцент, Р.Н. Балобанов

Литература:

1. Макиенко Г.П., Попов Л.В. Маслонаполненные кабели 110 кВ. Москва, 1979.

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

3. Лебедев, Г.М. Повышение эффективности эксплуатации кабельных линий 6-10 кВ в системах электроснабжения на основе неразрушающей диагностики. – 2007.

4. Екимукров С. С., Цивилёв И. Ю. Особенности эксплуатации кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена (защита от перенапряжений, диагностика и испытания). // Наука и Техника. – 2011.

5. Анисимова С.Ю., Канискин В.А., Коцур С.А., Привалов И.Н. Опыт диагностики кабельных линий с бумажно-пропитанной изоляцией с применением щадящих и неразрушающих методов// Труды Четвертой Международной научно-технической конференции «Электрическая изоляция - 2006» (С.-Петербург), 2006.

6. Бирюлин В.И., Куделина Д.В., Горлов А.Н. Применение системы нечеткого вывода для оценки состояния изоляции кабельных линий. // Вестник Казанского Государственного Энергетического Университета. – 2021. – Т. 13. - № 1(49). – С.191-203. [Электронный ресурс]. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46425047>.

7. Суслов К.В., Солонина Н.Н, Солонина З.В., Ахметшин А.Р. Повышение точности определения места повреждения в линиях электропередачи. // Вестник Казанского Государственного Энергетического Университета. – 2020. – Т. 12. - № 3(47). – С.3-13. [Электронный ресурс]. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45608829>.

А.С. Попов

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»
г. Казань, AlexanCHA@icloud.com*

БЫСТРОВЗВОДИМЫЕ КОМПОЗИТНЫЕ ОПОРЫ

Вопрос использования быстровозводимых и легких опор из композитных материалов для воздушных линий электропередачи на современном этапе развития электроэнергетики набирает все большую актуальность с каждым годом. С развитием исследований и прогрессом в производстве конструкций из композитных материалов, использование их во всевозможных сферах деятельности человека набирает все большие обороты [1].

Главным преимуществом композитных материалов при применении в опорных конструкциях ЛЭП относительно классических материалов - металла и железобетона - является значительно большая эластичность, которая позволяет таким опорам выдерживать временные перегрузки без каких-либо повреждений или деформаций [2]. В связи с этим наиболее перспективным их применением представляется установка в местах с сильными и даже ураганскими ветрами [6]. Первопроходцами в производстве и использовании таких опор являются США и Канада, которые приспособили композитные опоры в начале 21 века в своих неблагоприятных климатических зонах [7]. Также первостепенный интерес в композитных материалах (а значит и опорах) представляют их электротехнические свойства. Поскольку композиты являются диэлектриками, то траверсы и грозозащитный трос (при его наличии) не нуждаются в заземлении. Так же, пропадает опасность при сближении проводов с траверсой как у железобетонных или металлических опор [3]. Таким образом представляется возможным уменьшить габариты линии, что экономически может компенсировать увеличение самих опор из-за их гибкости. А на низком напряжении может быть даже отказаться от изоляторов, если и траверсу выполнить из композитного материала [5].

Существуют и недостатки композитных опор. Во-первых, высокая стоимость. Одна композитная опора по стоимости выходит, как 3

металлических. Но если учитывать срок службы, затраты на монтаж, на обслуживание, то использование становится выгодным. Во-вторых, горючесть и пожароопасность. Опоры нужно обрабатывать специальными составами, иначе они будут поддерживать горение [4].

Обладая невысокой плотностью стеклопластики имеют высокие физико-механические характеристики. В некоторых аспектах они даже превосходят сталь. Если использовать при изготовлении материалов и оборудования из стеклопластика специальные смолы, то можно добиться таких физико-механических характеристик, которые будут многократно превышать не только сталь, но даже некоторые цветные сплавы металлов. Также при добавлении стойких красителей можно добиться определённого цвета стеклопластика, который не выгорит и не исчезнет по другой какой-либо причине в течение достаточно длительного промежутка времени. Данное свойство очень удобно использовать для маркировки материалов и оборудования.

Научный руководитель: к.т.н., доцент, Р.Н. Балобанов

Литература:

1. Бочаров Ю. Н., Жук В.В. К вопросу о композитных опорах воздушных линий // Труды Кольского научного центра РАН. Энергетика. Вып. 4-1/2012(8). С. 78 – 85.
2. Дубина А. А. Новые конструкции полимерных стоек для опор ВЛ в РФ и Украине// Воздушные линии. 2011. № 3 (4). С. 27-31.
3. Бочаров Ю. Н., Жук В.В. Композитные опоры. Перспективы применения для ВЛ 110-750 кВ// Новости электротехники. 2012. №1 (73). С. 22-25.
4. АО «НПП «АЛТИК». Композитные опоры воздушных линий электропередач [Электронный ресурс] URL: <https://altik.su/katalogi-i-prezentatsii/produktsiya-dlya-elektroenergetiki/kompozitnye-opory-vozdushnykh-linij-elektroperedach.html> (дата обращения 10.04.2022).
5. Расчет длительно допустимого тока проводов нового поколения воздушных линий / Варыгина А.О., Савина Н.В. // Известия высших учебных заведений. 2020; № 22(4). С.3-15. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.energyret.ru/jour/article/view/1402/658> (дата обращения: 10.04.22).
6. Математическая модель влияния природных и эксплуатационных факторов на надёжность влэп-110 кв в условиях резко континентального климата / М. И. Тошходжаева, А. Б. Ходжиев // Вестник Казанского Государственного Энергетического Университета. – 2020. – Т. 12. – № 1(45). – С. 71-81. [Электронный ресурс]. URL:

<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44562932> (дата обращения: 10.04.22).

7. Колтарп С., Вайд Т. Стоя в полный рост наперекор погоде: Суровая погода подтверждает решение сетевой компании установить стеклопластиковые опоры // Воздушные линии. 2010. №1. С. 60–64.

Р.Н. Гаврилюк

*ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»
г. Братск, r_1.0@bk.ru*

ПРОБЛЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО УСТАРЕВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ АВТОМАТИКИ НАСОСНЫХ ОСУШЕНИЯ ПЛОТИНЫ ГЭС

Предприятия заинтересованы в том, чтобы их оборудование приносило максимальный доход и, при этом, отнимало как можно меньше различных ресурсов: человеческих, энергетических, временных и так далее. Крупные предприятия, в эксплуатации которых находится технически устаревшее оборудование, несут значительные потери. Такие компании значительно проигрывают по показателям качества работы тем, кто использует новое, современное оборудование.

В системе автоматике насосных осушения плотины гидроэлектростанции (ГЭС) для регулирования уровня воды в приемках, где скапливается вода от протечек плотины, используется оборудование на основе электрода, который находится в приемке, и при пропадании «земли» отключает через промежуточное реле насос осушения. Реализовано это по следующему принципу:

- электроконтактный манометр ЭКМ [1] в режиме «Автомат» измеряет давление водяного столба в приемке. При достижении уставки включения замыкает своими контактами промежуточное реле для запуска пускателя насоса осушения;

- манометр ЭКМ в режиме «Резерв» измеряет давление водяного столба в приемке и при достижении уставки включает своими контактами промежуточное реле, которое запускает пускатель резервного насоса.

Проблема заключается в том, что данное оборудование на Сибирских ГЭС находится в эксплуатации более 40 лет и является технически и морально устаревшим. К недостаткам действующей на данный момент времени системы автоматике следует также отнести:

- необходимость периодической чистки электрода отключения, т.к. в процессе эксплуатации происходит его окисление;

- необходимость производить ревизию и замену манометров ЭКМ, т.к. периодически отказывают контакты (за счет «пригорания»);
- манометры ЭКМ забиваются взвесью воды и продуктами фильтрации бетона.

Данные проблемы ведут к значительным материальным затратам, а также к увеличению человеко/часов при обслуживании и ремонте устаревшего оборудования.

Может показаться, что проблема устаревшего оборудования не так ощутима, ведь оно все равно продолжает работать. Но решение данной проблемы в случае крупных предприятий, при компетентном управлении, принесет значительную отдачу в прибыли и при этом, скорее всего, снизит обслуживаемый парк и количество обслуживающего персонала.

При этом предполагается не полная замена оборудования, выработавшего свой ресурс, а модернизация системы автоматического управления этим оборудованием путем использования датчиков, которые уже используются на производстве. В некоторых случаях, можно применить перевооружение на другие типы датчиков, а именно использовать гидростатические датчики давления [2], которые будут «видеть» уровень воды в приемке. Принцип действия погружного скважинного датчика уровня заключается в измерении гидростатического давления. Этот метод позволяет определить высоту столба жидкости в зависимости от того, какое давление действует на боковые стенки сосуда или его дно. В соответствии с законом Паскаля, гидростатическое давление зависит только от высоты столба и плотности жидкости, а форма и общий объем резервуара никак на эту величину не влияют. Соответственно, устройство помогает измерить давление, а затем преобразовать это значение в объем. Для сильно загрязненных сред можно использовать защитную мембрану.

При включении двух гидростатических датчиков в систему автоматического управления насосными осушения плотины:

- первый гидростатический датчик будет включать и отключать насос осушения в режиме «автомат»;
- второй гидростатический датчик будет включать и отключать насос в режиме «резерв».

Таким образом, существенно не меняя схему работы автоматики, уходим от перечисленных выше проблем. При этом затраты на модернизацию имеющегося оборудования будут гораздо меньше тех, которые могут потребоваться при полной замене устаревшего оборудования.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Т.Н. Яковкина

Литература:

1. Манометры ЭКМ и ЭКН, вакуумметры ЭКВ и ЭКТ, мановакуумметры ЭКМВ и ЭКТН электроконтактные (сигнализирующие). Руководство по эксплуатации (Электронный ресурс). Режим доступа: https://vtmarket.ru/f/re_ekm_nnek-vu.pdf (Дата обращения 07.04.22г.)

2. Датчики уровня гидростатического давления (Электронный ресурс). Режим доступа: https://sibcontrols.com/ru/datchiki_urovnja_gidrostatichjeskogo_davljenija (Дата обращения 07.04.22г.)

В.Н. Винокуров, Д.Р. Мячин, М.А. Шумихин

*ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», МБОУ «СОШ №45»,
г. Братск, valera2000vn@gmail.com, biesamurai_05@mail.ru, Vtr145@mail.ru*

GLOWEE – ТЕХНОЛОГИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ В КАЧЕСТВЕ ОСВЕЩЕНИЯ

В статье рассмотрена специфика функционирования источника освещения на основе простейшего микроорганизма, произведённого на стыке геной инженерии и биомимикрии прокариотических форм жизни. Авторами проанализированы характерные особенности жизнедеятельности выбранного класса бактерий, а именно их выживаемость, срок непосредственной службы и адаптации к чуждой биологической среде (на примере жизни колонии микроорганизма в замкнутой, ограниченной биологической среде). На основе проведённого анализа обоснована целесообразность дальнейшего продвижения исследований и нововведений, предлагаемых компанией-производителем.

Процесс культивирования бактерий становится все более доступным в современном мире бурно развивающихся инноваций: появляется всё больше наукоёмких технологий, использующих уникальные свойства и характеристики штаммов микроорганизмов для создания смарт-устройств и гаджетов, где бактерии обеспечивают энергопитание.

Так, бизнес-модель Glowee [1], предполагает, что бактерии могут составить альтернативу электрическим лампам в качестве декоративного освещения, подсветки витрин и дорожных знаков, а также использоваться в тех местах, где нет возможности подвести электричество. Данная технология основана на способности некоторых живых организмов (в частности 90% морской флоры и фауны) производить сине-зелёное свечение в результате химических реакций.

Такая способность получила название биоллюминесценции. Технология Glowee даёт глобальный ответ на вызов времени, позволяя на 19% уменьшить использование электроэнергии в производстве света. Освещение, использующее живую энергию, не нуждается в электричестве, выделяет минимум углекислого газа (CO_2) и светового загрязнения (искусственного засвечивания ночного неба, рассеивающегося в тропосфере, изменяющего биоритмы живых существ, приводя к гибели некоторых из них).

Конечно, работа с живыми организмами означает, что такой источник света является более хрупким, в отличие от классических световых источников (например, при резких колебаниях температуры вся колония бактерий будет подвержена вымиранию). Однако некоторые из возникающих проблем вполне решаемы. Так, на данный момент времени учеными ведется работа над генной модификацией бактерий для обеспечения их выживаемости при колебаниях температуры до $20\text{ }^\circ\text{C}$; генетически изменяется продолжительность жизни микроорганизмов (на момент написания статьи она составляет 3 дня бесперебойной работы) и сила их свечения. Также, команда специалистов Glowee определила молекулярный переключатель, который активирует биоллюминесцентные бактерии только в ночное время суток.

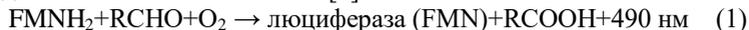
Работа светильника Glowee основана на жизнедеятельности биоллюминесцентного микроорганизма Вибриона Фишера (*Aliivibrio fischeri*), палочковидной бактерии, встречающейся преимущественно в симбиозе с различными морскими животными, такими как гавайский бобтейловый кальмар (Hawaiian bobtail squid). В результате эффективной формы распространения бактерии заполняют площадь резервуара с биологическим гелем на основе перекиси водорода (H_2O_2), но, разрастаясь и не находя симбиотического партнера, регрессируют и гибнут. Продолжительность существования колонии не зависит от объёма ёмкости, в которую помещены микроорганизмы, из-за специфики их рассеивания в биологической среде.

Вибрион Фишера излучает биоллюминесценцию только при плотности клеток выше критического порога, т.е. в резервуар с насыщенной биологическими элементами перекисью водорода помещают разросшуюся колонию бактерий. Соответственно потребление биоэлементов будет высоким, а их ограниченного количества будет не хватать для продолжительного функционирования микроорганизмов.

На данный момент времени стенки капсулы с биологическим гелем конструируются из синтетического каучука ($\text{CH}_3=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$), чтобы

избежать химического загрязнения комфортной биологической среды бактерий.

В ходе реакции биолюминесценции происходит окисление альдегидом (RCHO) 4а-пероксифлавина (FMNH₂) в присутствии кислорода с образованием альдегидной кислоты (RCOOH) и высокостабильного промежуточного продукта люцифераза-гидроксифлавина в возбужденном состоянии, который медленно распадается до своего основного состояния, испуская сине-зеленый свет с длиной волны около 490 нм [2]:



В ходе исследовательской работы авторы проанализировали различные источники света и пришли к выводу, что биолюминесцентную лампу возможно (пусть и с некоторыми поправками) приравнять к светодиодной лампе мощностью в 1-2 Вт, величина светового потока при такой мощности составит примерно 100-250 Лм. Согласно нормативам, СНиП [3], данные величины удовлетворяют нормам освещенности таких типов жилых и офисных помещений как: ванная комната, санузел, душевая, квартирные и офисные коридоры, холлы, эскалаторы и лестницы, а также архивы, подсобные помещения, кладовые и гардеробные.

Исходя из вышеизложенного, авторы статьи предполагают, что биолюминесцентные источники освещения уместно использовать в более широком спектре помещений и зданий, чем было заявлено компанией-производителем Glowee.

Но насколько реализуем этот стартап в перспективе? Представитель ассоциации Ocean Research & Conservation (OR&CA) Эдит Виддер считает [4], что расходы на культивирование и поддержание жизни большого количества биолюминесцентных бактерий будут слишком высоки для большинства компаний. Это связано с тем, что для поддержания жизни бактерий требуется добавление дополнительных питательных веществ в ёмкости ламп и очищение стенок лампы от продуктов жизнедеятельности микроорганизмов.

По итогам исследования, авторами был изучен вопрос практичности освещения на основе жизнедеятельности простейших организмов и его применения в сегодняшних реалиях. На данный момент проект, начатый компанией Glowee, находится на слишком раннем этапе, чтобы можно было говорить о его применении на практике. Действительно, активное развитие и использование светодиодных ламп не предоставляет место для здоровой конкуренции биолюминесцентного освещения на рынке световых источников.

Новизна решения (а именно сине-зеленое свечение и отсутствие электропотребления) легко заменяема светодиодами и минимальной затратой электрической энергии на их работу. Предложение организации работы биолюминесцентных ламп на территориях без возможности использования электричества также является сомнительным из-за малого срока службы источника такого света и отдалённости данных территорий.

Подводя итог, следует отметить, что идея, предложенная компанией Glowee, спустя 9 лет с момента основания до сих пор остается лишь стартапом. В продукте компании нет практической необходимости, а из-за серьёзных расходов на поддержание жизни бактерий продукт становится экономически нецелесообразным. Такой источник освещения не в состоянии участвовать в конкуренции на рынке, по крайней мере, в настоящее время. Однако бизнес-модель является инновационной, кроме того, за сравнительно короткий промежуток времени специалисты компании разработали множество новых технологий из среды генной инженерии и биомимикрии. Например, молекулярный переключатель, воздействующий на биоритмы микроорганизма и позволяющий работать только в ночное время (6 часов в сутки), увеличение срока жизни бактерии примерно в 72 раза, адаптация реликтового простейшего к условиям проживания в чуждой для него среде (перекиси водорода) и это далеко не полный список.

Сегодня стартап компании Glowee имеет больше научное значение, чем коммерческое, и это, по мнению авторов статьи, лучше, как для дальнейшего развития компании, так и для науки в целом. Предприятием уже внесён огромный вклад в развитие молекулярной и генетической биологии, биомимикрии и энергетике, а пока мы предлагаем и дальше наблюдать за развитием стартапа Glowee.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Т.Н. Яковкина

Литература:

1. Официальный сайт компании Glowee [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.glowee.com/> - Загл. с экрана. (дата обращения: 10.04.2022)
2. Вибрион Фишера как модельный объект в биологии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://scienceforum.ru/2021/article/2018026233> - Загл. с экрана. (дата обращения: 10.04.2022)

3. СНиПы и своды правил за 2021 год [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://sudrf.cntd.ru/search/snip> - Загл. с экрана. (дата обращения: 10.04.2022)

4. Официальный сайт ассоциации исследования и охраны океанов (ORCA) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.orca.ngo/> - Загл. с экрана. (дата обращения: 10.04.2022)

Н.А. Морозова, Н.А. Морозов, Н.С. Кузьмина
ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»
г. Братск, globas.ru@mail.ru

АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ КОНТРОЛЯ НЕНОРМИРОВАННОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ПРИМЕРЕ ГАРАЖНОГО КООПЕРАТИВА «АВТОЛЮБИТЕЛЬ-2» Г. БРАТСКА

На сегодняшний день потребление электроэнергии из-за деятельности нелегальных «майнинговых ферм» даёт ощутимые потери для экономики крупных компаний и регионов страны. Из-за резкого роста добычи криптовалюты, перегружающего электрические сети, ряды регионов уже сталкиваются с проблемами, одна из которых – перебои в электроэнергии.

Из-за самых низких тарифов на электроэнергию для физических лиц лидером по незаконному майнингу в России стала Иркутская область. В октябре 2021 года в Иркутской области уже были случаи отключения целых улиц, чего не случалось ранее даже при 30 градусах мороза [1].

Негативное влияние теневого майнинга связано с несколькими аспектами: первое - в сетях низкого напряжения в жилом секторе возникают проблемы технического характера - перегрузки сетей, аварии, перебои в электроснабжении, связанные с тем, что сами сети не рассчитаны на потребление энергии в больших масштабах. Неучтенное потребление электроэнергии напрямую влияет на качество и надежность электроснабжения потребителей. Оно может провоцировать аварийные ситуации на энергообъектах и быть причиной низкого напряжения в сети. Кроме того, такие действия могут повлечь угрозу для здоровья и жизни окружающих, а отсутствие платы за потребленный энергоресурс негативно сказывается на финансировании модернизации электросетевого комплекса. Следующий аспект связан с экономикой: тарифы для населения в стране льготные, они субсидируются за счет работы ряда предприятий и даже

целых отраслей экономики. Это означает, что «майнеры» пользуются льготами на оплату электроэнергии как физические лица, потребляя на порядок больше [2].

Губернатор Иркутской области Игорь Кобзев заявил, что готов выделить в регионе площадки для промышленного майнинга криптовалют [3]. По его мнению, предприятия по добыче криптовалют должны договариваться с поставщиками электроэнергии для подключения по выделенной линии. По словам губернатора, это снизит нагрузку на электрические сети и уменьшит число отключений электроэнергии в пригородах, где установлены майнинг-фермы.

Чаще всего физические лица устанавливают оборудование для майнинга непосредственно на своих дачных участках, в квартирах или гаражах. Если для первых двух категорий счёт за электроэнергию индивидуален, то для последней - коллективный. Из-за значительного увеличения потребления электроэнергии в кооперативе возрастает счёт за оплату для всех его членов. Для выявления данного факта можно установить модульное измерительное устройство. Для примера, авторами статьи были рассчитаны варианты измерительных установок на примере гаражного кооператива "Автолюбитель-2" г. Братска.

Для получения достоверных данных по току, напряжению, мощности (полная, активная и реактивная), анализу гармоник в сети, записи аварийных сигналов и параметров сети и для наглядного представления данных на компьютере, авторы статьи провели анализ рынка и варианты подключения устройства к действующей схеме. На основании результатов анализа к применению рекомендованы приборы измерения параметров электросети фирм Lovato Electric S.P.A (Италия) - DMG 210 L01 с интерфейсом RS-485 и DMG300L01 (с интерфейсом порт Ethernet и интерфейсом USB) и Schneider Electric Powerlogic (Германия) - PM5110 RS-485 METSEPM5110RU с интерфейсом RS-485. Стоимость установки прибора марки Lovato составила 25 424,0 рублей и 25 745,0 рублей, а Schneider Electric – 62 289 рублей. С основными характеристиками приборов можно ознакомиться на официальных сайтах производителей [4,5].

Для подключения оборудования необходимо установить трансформатор тока (ТТ) 400/5 на шинах 0,4 кВ, собрать релейные клеммы ХТ1 в КРУН со стороны низкого напряжения (НН). Конструкция НН КРУН представлена на рисунке 1.

Красным овалом помечено предлагаемое место установки ТТ 400/5А. Выбор ТТ необходимо уточнить, исходя из размера шины. Расчётное значение для выбора 40 мм. Концы вторичных обмоток трансформатора тока И2 необходимо объединить перемычками в

колодке ХТ1 и заземлить, согласно схеме подключения завода изготовителя.

Место подключение цепей напряжения выбирается произвольно, но исходя из удобства монтажа лучше всего подходит болтовое соединение шин 0,4 кВ справа от НН КРУН. Клеммные колодки для подключения цепей напряжения и токовых цепей с вторичных обмоток ТТ предлагается разместить справа со стороны НН. Наглядно место установки показано красным прямоугольником.

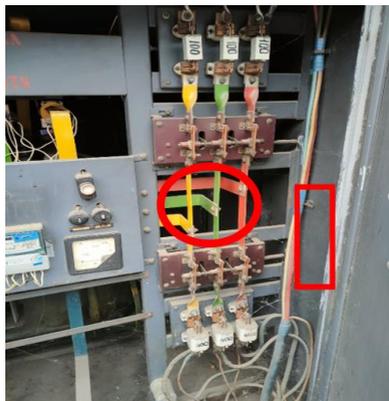
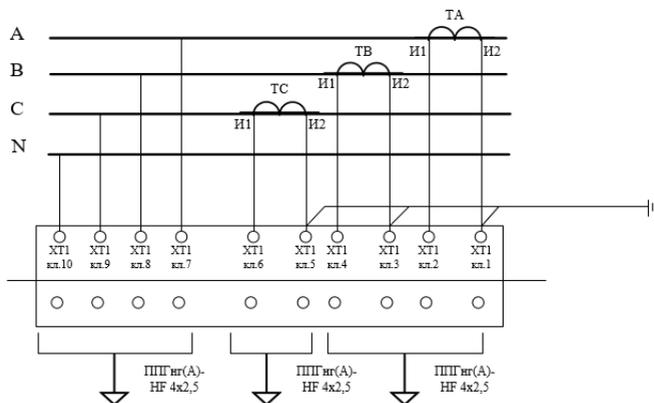


Рис.1. Конструкция НН КРУН

Необходимые материалы, оборудование и примерные затраты для монтажа релейной части: TTE-40-400/5A класс точности 0,5S PROxima tte-40-400-0.5S – 3 шт.; DIN-рейка L=300мм 35x7,5мм оцинкованная YDN10-0030 – 1 шт.; провод ПуВ 2,5 – 30 м; блок зажимов БЗН ТК-030 4 мм² 30А на DIN-рейку 10 пар YZN43-10-004-K02т – 1 шт.; маркировочные бирки МБ 50x25 100шт. КВТ (Расход на весь монтаж) – 1 уп.; КВТ стяжки нейлоновые КСС 5*500 (б) (100шт.) – 1 уп. Общая стоимость материалов составляет 7 033,3 рубля [4-5].



В сторону шпота управления

Рис.2. Схема подключения цепей напряжения и тока в клеммнике ХТ1 КРУН

Т.к. оборудование, выбранное выше, работает в диапазоне от -20 до $+(65-70)^{\circ}\text{C}$, необходимо выбрать систему отопления бокса. Для монтажа в отапливаемом боксе необходимо закупить следующие материалы: корпус навес (500х400х220) ЦМП-2-0 74 с монт.пан. IP54 УКМ40-02-54 – 1 шт.; обогреватель на DIN-рейку 150Вт IP20 YCE-HG-150-20 – 1 шт.; DIN-рейка L=300мм 35х7,5мм оцинкованная YDN10-0030 – 3 шт.; выключатель автоматический ВА47-29 2п 4А х-ка С 4,5кА MVA20-2-004-С – 3 шт.; кабель ППГнг(А)-НФ 4х2,5 ок -0,66 – 50 м; блок зажимов БЗН ТК-030 4 мм² 30А на DIN-рейку 10 пар YZN43-10-004-K02 – 2 шт.; ограничитель концевой для мини-клемм 35мм Din Rails 5.2мм NSYTRAAB35 – 6 шт.; светильник внутреннего освещения шкафов СВОШ-1 40Вт 220В АС IP20 SQ0837-0001 – 1 шт. Суммарные расходы на отопление бокса составили 20 310,65 рублей.

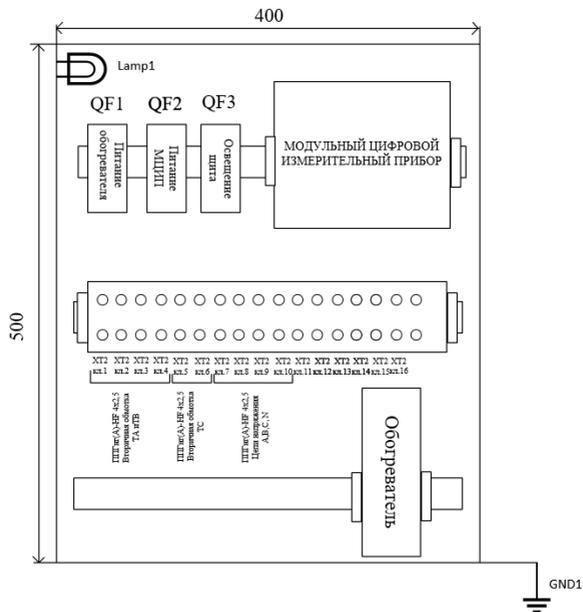


Рис. 3. Предлагаемый монтаж шкафа управления

Трёхфазные с нейтралью и без нейтрали

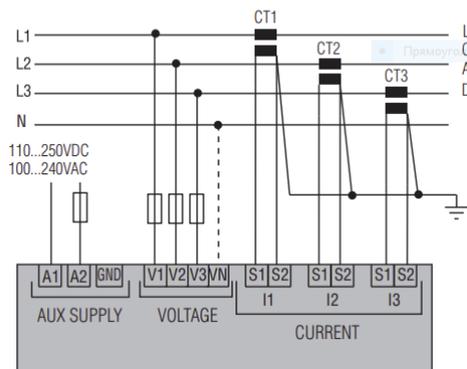


Рис. 4. Схема электрическая подключения DMG 210 L01

Для связи модульного цифрового измерителя DMG 210 L01 (Lovato Electric S.P.A, Италия) с компьютером необходимо подключить кабель

RS-485 к прибору. Затраты на подключение по сети RS485 равны 19200 руб. по ценам поставщика, без учёта прокладки.

В таблице 1 представлены расчёты по итогу исследования.

Таблица 1 – Сравнительная оценка затрат на установку для контроля ненормированного потребления электроэнергии

Оборудование	Затраты, руб.
DMG 210 L01. Производитель: Lovato Electric S.P.A (Италия) с интерфейсом RS-485	71 968,13
DMG300L01. Производитель: Lovato Electric S.P.A (Италия) с интерфейсом порт Ethernet	76 298,13
DMG300L01. Производитель: Lovato Electric S.P.A (Италия) с интерфейсом порт USB	66 378, 13 (без кабеля USB 2.0 Pro AM/BM)
PM5110 RS-485 METSEPM5110RU. Производитель: Schneider Electric Powerlogic с интерфейсом RS-485	108 833,13

Из таблицы 1 видно, что самый выгодный вариант - это DMG 210 L01 с интерфейсом RS-485 с общей стоимостью 71 968,13 рублей.

Однако данные затраты приведены только к 100 м сигнального кабеля. При более дальней точке подключения стоимость может возрасти в пропорции: каждые 100 метров -19200 рублей.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Т.Н. Яковкина

Литература:

1. MKRU Развитие добычи криптовалют [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.mk.ru/economics/2021/12/09/maynery-obeskg> - Загл. с экрана. (дата обращения: 10.04.2022)

2. ТАСС «Эксперты: чёрный майнинг может привести к авариям и росту затрат энергопотребителей. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://tass.ru/ekonomika/12173179> – Загл. с экрана. (дата обращения: 10.04.2022)

3. Эксперт «Блэкаут для майнеров». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.google.com/amp/s/amp.rbc.ru/crypto/news/6..> – Загл. с экрана. (дата обращения: 10.04.2022)

4. Ссылка на продавца DMG 210 L01. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.amitron-ek.ru/catalog/4292/87259.html> – Загл. с экрана. (дата обращения: 10.04.2022)

5. Ссылка на продавца DMG 210 L01. [Электронный ресурс].
Режим доступа: <https://www.amitron-ek.ru/catalog/4292/135124.html> –
Загл. с экрана. (дата обращения: 10.04.2022)

6. Ссылка на продавца PM5110 RS-485 METSEPM5110RU.
[Электронный ресурс]. Режим доступа:
https://www.elektro.ru/product/se_izmeritel_moshchnosti_pm5110_rs-485/
– Загл. с экрана. (дата обращения: 10.04.2022)

Ю.С. Макарова¹, К.А. Виноградова², Д.С. Выборнов³

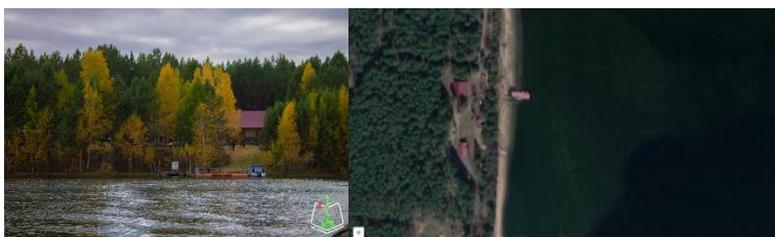
¹ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»,

^{2,3}МБОУ «СОШ №45», г. Братск, ¹jaredandshanon9@gmail.com

²ksushacool44@gmail.com, ³vybornovdmirij@mail.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ВОЛНЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ОСТРОВА БУРНИНА

На протяжении нескольких лет ФГБУ ВО "Братский государственный университет" арендует остров Бурнина, расположенный в нижнем бьефе Братской ГЭС на р. Ангара, где действует учебно-опытный лесхоз университета, а также расположена туристическая база (рис.1).



а)

б)

Рис.1. Изображения о. Бурнина

а) фотография турбазы, б) снимок со спутника

На территории базы находятся жилой домик для охраны и служащих, летняя кухня, баня, двухэтажный дом. В состав электроприемников входят: холодильник, телевизор, микроволновка, чайник, освещение жилых помещений и уличные прожектора (табл. 1). Суммарная установленная мощность потребителей составляет 3300Вт.

Таблица 1- Электроприемники о.Бурнина и их мощность

Потребитель	Мощность, Вт
Телевизор	100-400
Холодильник	150-600
Электрочайник	1000-2000
Микроволновая печь	1000-1500
Уличные прожектора	200
Итого	3300

На основании анализа нагрузки был построен суточный график потребляемой мощности для летнего периода (рис. 2). Самое большое потребление электроэнергии выявлено в 7.00, 13.00, 16.00 и 21.00, что обусловлено тем, что в данные промежутки времени для обеспечения жизненных потребностей используется почти вся техника, присутствующая на острове.

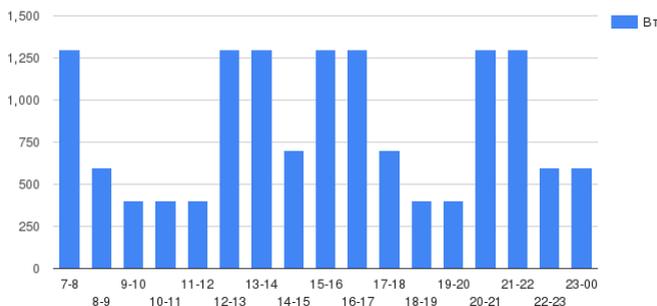


Рис.2. Суточный график нагрузок в летнее время

На данный момент времени электроснабжение этих потребителей осуществляется от солнечной электростанции (СЭС) мощностью 1,5 кВт (рис.3), что, в свою очередь, ограничивает возможности и не даёт будущего развития и расширения туристической базы.



Рис.3. Солнечные батареи на острове Бурнина

Ограничение в электроснабжении связано с тем, что СЭС вырабатывает электрическую энергию только в дневное время. Кроме того, заснеженность и резкая смена погоды не позволяют обеспечить непрерывное электроснабжение потребителей острова без использования аккумуляторных батарей.

В качестве альтернативного источника электроснабжения на острове имеется бензиновый генератор марки Huter DY4000L мощностью 3300 Вт, изображенный на рисунке 4. Однако покупка и доставка горючего на остров требует определенных затрат.



Рис.4. Бензиновый генератор марки Huter DY4000L

Вариант электроснабжения потребителей острова путем строительства линии электропередач на о. Бурнина и подключения к центральной электрической сети является сложной и дорогостоящей задачей, учитывая малую мощность потребителей и необходимость преодоления достаточно широкой протоки реки Ангара.

В связи с вышеизложенным, авторами статьи был рассмотрен вариант повышения надежности электроснабжения потребителей острова путем установки поплавковой волновой электростанции (ПВЭС), принцип действия которой основан на использовании энергии волн и колебательных движениях. [1]

Существуют два вида поплавков. Отечественный бренд, компания “Прикладные Технологии”, являются производителями ПВЭС (рис.5,

а). На основании запроса в компанию было выявлено, что данные ПВЭС не подходят для речных систем, а специализируются на использовании энергии океанских волн. Поэтому в данном случае рассмотрим зарубежный вид поплавков от компании Eco Wave Power (рис.5,б). [2]



а)

б)

Рис.5. Виды ПВЭС

а) отечественная, б) зарубежная

Электростанции компании Eco Wave Power могут быть установлены на существующих береговых сооружениях и позволяют эффективно использовать энергию волн совершенно разных размеров. Механическая энергия волны преобразуется в энергию жидкости под давлением и передается в гидравлический двигатель, чтобы затем преобразоваться в электричество. [3]

В процессе работы над статьей авторами были изготовлены две модели поплавков (рис.6), с помощью которых проведены эксперименты и получено, что максимальная высота поднятия поплавка волной в районе острова составляет 5-6см (рис.7).



а)

б)

Рис.6. Прототипы двух поплавковых камер

а) с тупым носом, б) с острым носом



Рис.7. Амплитуда поднятия носика поплавка

Согласно принципу действия ПЭВС при воздействии на поплавковую камеру (рис.7) возникают вертикальные колебания герметичного корпуса, вызывающие вынужденные колебания индуктора с постоянными магнитами, установленного на упругих элементах, которые преобразуются статором генератора в электрическую энергию. [4]

В ходе работы были проведены расчёты угла отклонения для оригинального поплавка и созданного макета. Результаты расчетов приведены на рисунке 8 и являются необходимыми для анализа поднятия поплавка за счет течения на р.Ангара и оценки эффективности работы ПЭВС на о.Бурнина.

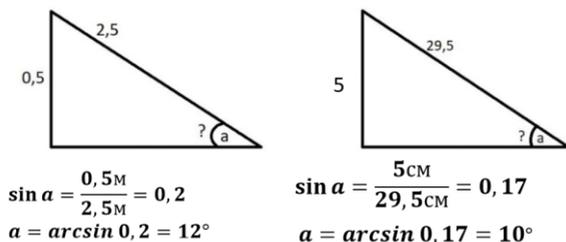


Рис. 8. Расчёты для оригинального поплавка и макета поплавка

Скорость течения р.Ангара в районе о.Бурнина составляет 1-2м/с. Согласно проведенному эксперименту, волна позволяет поднять поплавков на 5-6 см и вырабатывать 200 Вт, в соответствии размером поплавка 29,5см x 5см. Соответственно для покрытия нагрузки потребителей острова понадобится 9 поплавковых камер. Если предусмотреть использование ПЭВС только в ночное время, когда не работает СЭС, а также для подхвата нагрузки, когда мощности СЭС недостаточно, хватит двух поплавковой станции.

В заключение хотелось бы отметить, что согласно целям устойчивого развития ООН, а именно: обеспечение доступа к недорогостоящим, надежным и устойчивым источникам энергии, необходимо постоянно совершенствовать уже имеющиеся варианты и находить новые альтернативы. При этом следует помнить, что каждый

район характеризуется доминированием своего первичного источника энергии: интенсивностью солнечной радиации, сильными ветрами или быстрым течением с волнами у берега. В последнем случае эффективно использовать энергию волн, расчет которой обосновывает ее использование для электроснабжения потребителей о.Бурнина.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Т.Н. Яковкина

Литература:

1. Энергия волн [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://savenergy.info/page/energy-sea-waves/> - Загл. с экрана. (Дата обращения 30.03.2022г.)

2. Волновые процессы. Образование и распространение волн в упругой среде [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://moodle.kstu.ru/mod/book/view.php?id=31032&chapterid=7281> - Загл. с экрана. (Дата обращения 30.03.2022г.)

3. Простые эко-решения - новый взгляд на энергию волн от Eco Wave Power [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://facepla.net/index.php/the-news/energy-news-mnu/2001-eco-wave-power> (Дата обращения 30.03.2022г.)

4. Приливные волновые электростанции Eco Power [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.ecowavepower.com/> (Дата обращения 4.04.2022г.)

Я.С. Кошмелюк

*ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»
г. Братск, koshmelyuku@gmail.com*

АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ В 2021 ГОДУ

Электроэнергетика является одной из важнейших отраслей российской экономики, от которой во многом зависят экономический рост и экономическое состояние страны в целом. Её надёжное и стабильное функционирование влияет на экономику страны и уровень благосостояния её граждан.

9 июня 2020 года была утверждена "Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года" [1]. В данном документе рассмотрены основные задачи, стоящие перед энергетикой, такие как:

- обеспечение темпов экономического роста выше мировых при сохранении макроэкономической стабильности, в том числе инфляции на уровне, не превышающем 4 %;

- рост производства энергоносителей к 2024 году на 5 - 9 % по сравнению с базовым годом;
- развитие конкуренции и рыночных отношений в сфере энергетики;
- рост производительности труда и повышение инвестиционной активности в отраслях топливно-энергетического комплекса (ТЭК) (предполагается, что рост ежегодных инвестиций в отраслях ТЭК к 2024г.увеличится в 1,35 - 1,4 раза).

В статье рассмотрены основные тенденции развития электроэнергетики России в 2021 г. в корреляции со стратегическими планами [1], выделены основные проблемы функционирования электроэнергетической отрасли и пути их решения.

По данным отчёта о функционировании единой энергосистемы (ЕЭС) России в 2021 году, установленная мощность электростанций ЕЭС России на 01.01.2022 составила 246590,9 МВт [2], что больше предыдущего года на 1277,65 МВт. Изменение установленной мощности электростанций обусловлено:

- вводом нового оборудования – 2 716,07 МВт;
- изменением установленной мощности действующего генерирующего оборудования за счёт его перемаркировки – 231,32МВт;
- выводом из эксплуатации генерирующих мощностей – 1896,8 МВт;
- учётом в установленной мощности ЕЭС России генерирующих мощностей действующих электростанций потребителей, работающих на розничном рынке – 227,0 МВт.

При этом, распределение годового объёма производства электроэнергии по типам электростанций составило:

- ТЭС – 679,9 млрд кВт·ч;
- ГЭС – 190,3 млрд кВт·ч;
- АЭС – 208,8 млрд кВт·ч;
- ВЭС – 0,3 млрд кВт·ч;
- СЭС – 1,2 млрд кВт·ч.

Следует отметить, что установленная мощность возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в России в 2021 году выросла на 1241,79МВт (45%) и составила к 1 января 2022 года 3996 МВт [3]. При этом солнечная генерация увеличилась на 13,5%, а мощность действующих в России ветровых электростанций (ВЭС) выросла на 98,3%. Из запланированных объёмов не был введён 201 МВт ветрогенерации, что связано со срывомсрока ввода в эксплуатацию Кольской ВЭС «Энел Россия» [4].

В целом, выработка мощности электростанциями ЕЭС России превышает суммарную мощность потребителей в среднем на 2 тыс. МВт (рис.1) [2]. При этом электропотребление увеличилось на 6% по сравнению с 2020 г. и на 2,6% – от уровня доковидного 2019 г. Выработка электроэнергии выросла на 6,6%, в том числе: выработка электроэнергии теплоэлектростанциями выросла на 10%, ГЭС - на 1,3%, АЭС – более чем на 2%.

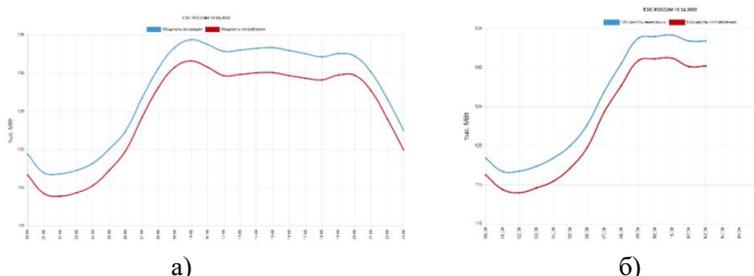


Рис.1. Мощность генерации и потребления в ЕЭС России:
а – план, б – факт

Однако следует отметить, что распределение генерации и потребления отличается по объединенным энергосистемам (ОЭС). Так, например, в ОЭС Сибири потребляемая мощность превышает сгенерированную (рис.2) [2].

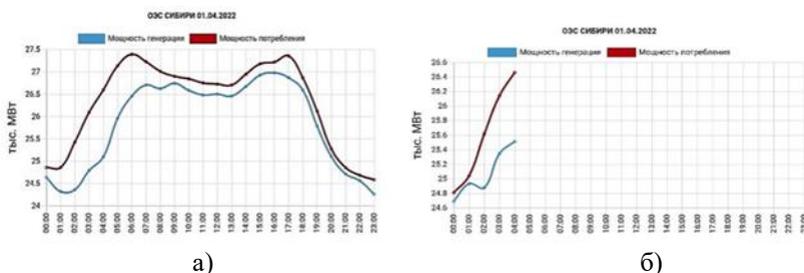


Рис.2. Мощность генерации и потребления в ОЭС Сибири:
а – план, б – факт

В течение 2021 года введены в эксплуатацию 52 линии электропередачи (ЛЭП) напряжением 220 кВ и выше, в том числе:

ЛЭП 330 кВ – 8;

ЛЭП 220 кВ – 44.

Таким образом, развитие электроэнергетики в России

На основании проведенного анализа планирования [1] и реального развития электроэнергетики России [2] можно выделить следующие проблемы электроэнергетического комплекса:

1) высокий износ электрооборудования: более 30 лет находится в эксплуатации почти 62% оборудования теплоэлектростанций, 80% - ГЭС, 35% - АЭС, 50% - ВЛ и 60% - подстанций; в распределительных электрических сетях выработало нормативный срок службы почти 70% электрооборудования. Согласно отчёту [2], в 2021 г. на электростанциях ЕЭС России выполнен капитальный и средний ремонт энергетического оборудования суммарной мощностью 65347 МВт. Однако этот показатель ниже запланированного на 3,5 %;

2) неоптимальная структура генерирующих мощностей, обусловленная недостатком пиковых и полупиковых маневренных электростанций;

3) низкая энергетическая и экономическая эффективность отрасли;

4) технологическое отставание в создании конкурентоспособных отечественных технологий;

5) рост издержек на производство и распределение электроэнергии, в результате чего по ряду регионов России тарифы на электроэнергию достигают значительного уровня;

6) отсутствие полной финансовой прозрачности рынков электроэнергии и деятельности предприятий электроэнергетики.

В таблице 1 представлена сводная характеристика, сведены основные запланированные показатели на 2021 год (был проведён пересчёт энергетической стратегии до 2035 года), а также состояние энергосистемы России. Среднее отставание от заданных стратегией темпов развития составляет 8,8 %.

Таблица 1 – Сводная таблица показателей

Показатель	Расчётное значение (2021 г.)	Фактическое значение (2021 г.)	Отношение фактического значения к расчётному, (%)
[Энергосбережение и энергоэффективность] Удельный расход топлива на отпуск электрической энергии	297,6 г у. т./кВт*ч	298,6 г у. т./кВт*ч	100,3

[Электроэнергетика] Уровень потери электрической энергии в сетях, не более	10,2 %	11,9%	116,7
[Электроэнергетика] Снижение экономически обоснованных затрат на производство 1 кВт·ч электрической энергии на территориях децентрализованного электроснабжения, процент к уровню базового года	3%	1,7%	56,7

Для совершенствования и наиболее эффективного функционирования электроэнергетики в первую очередь необходимо принять конкретные меры по улучшению работы в данной отрасли. Прежде всего, необходимо ограничить использование устаревшего оборудования или вывести его из эксплуатации полностью, если оно не отвечает необходимым требованиям и понесло физический износ.

Научный руководитель: к. т. н., доцент Т. Н. Яковкина

Литература:

1. Энергетическая стратегия российской федерации на период до 2035 года [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/1026?ysclid=1264o2v6163> Загл. с экрана (дата обращения: 19.04.2022).

2. Отчёт о функционировании ЕЭС России в 2021 году [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.soups.ru/fileadmin/files/company/reports/disclosure/2022/ups_rep2021.pdf Загл. с экрана (дата обращения: 10.03.2022).

3. В 2021 году доля ВИЭ в ЕЭС России по мощности выросла до 1,6%, в выработке составила 0,5% [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://peretok.ru/news/generation/24427/> Загл. с экрана (дата обращения: 01.04.2022).

4. «Энел Россия» со второй попытки получила право на отсрочку штрафа по ДПМ Кольской ВЭС в связи с форс-мажором [Электронный

ресурс]. Режим доступа: <https://peretok.ru/news/generation/24424/> Загл. с экрана (дата обращения: 10.04.2022).

Н.С. Кузьмина, Н.А. Морозова, Н.А. Морозов,
ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»
г. Братск, kuzminovanataliya98@mail.ru

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ЦИФРОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ

В программе по развитию энергетики Российской Федерации поставлены задачи по развитию энергетической промышленности с помощью интенсификации и повышения эффективности производства на базе ускорения научно-технического прогресса.

Независимо от своего назначения все сети на планете становятся более мощными и более сложными. В том числе в геометрической прогрессии растут объёмы информационных потоков, обеспечивающих управление электросетевыми объектами, мониторинг их технического состояния, контроль качества электроэнергии, а также её коммерческий учёт. Это, в свою очередь, влечёт всё большее применение интеллектуальных электронных устройств, которых с каждым днем на объекте становится всё больше. Зачастую такие устройства применяют различные стандарты передачи данных, что затрудняет их совместную работу и, более того, начинает тормозить развитие электроэнергетики, а значит, и промышленности в целом. Это касается не только России, но и любых промышленно развитых стран.

В настоящее время действуют открытые стандарты, которые достигли уровня, когда различные производители взаимодействуют на общей платформе. Технология полной оцифровки информации энергосистемы, а также скорость и производительность обмена информацией обеспечивают производительность в режиме реального времени с большей точностью и открывают возможности для цифровой подстанции.

«Цифровая подстанция — это подстанция, оснащенная комплексом цифровых устройств, обеспечивающих функционирование систем релейной защиты и автоматики (РЗА), учета электроэнергии, автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП), регистрации аварийных событий по протоколу МЭК 61850 [1].

Внедрение микропроцессора в автоматизацию, защиту и контроль подстанции произвело революцию в сфере коммунальной промышленности. Толчок от «обычной сети» до «умной сети» позволил

цифровому миру значительно расширится за рамки традиционной сферы защиты, управления, контроля и сбора данных. Идеальное видение знания всех аспектов каждой подстанции, объединенной в интеллектуальную сеть, открывает возможность иметь информацию у нас под рукой.

Внедрение МЭК 61850 дает возможность связать всё технологическое оборудование подстанции единой информационной сетью, по которой передаются не только данные от измерительных устройств к терминалам РЗА, но и сигналы управления. Благодаря применению протокола МЭК 61850 все сигналы между терминалами передаются по одному оптическому кабелю или одному кабелю Ethernet, использование которого снижает длительность и стоимость простоя подстанций в процессе реконструкции вторичного оборудования и создает возможность для легкой и быстрой переконфигурации системы РЗА [2].

Рассмотрим структуру цифровой подстанции ниже подробнее.

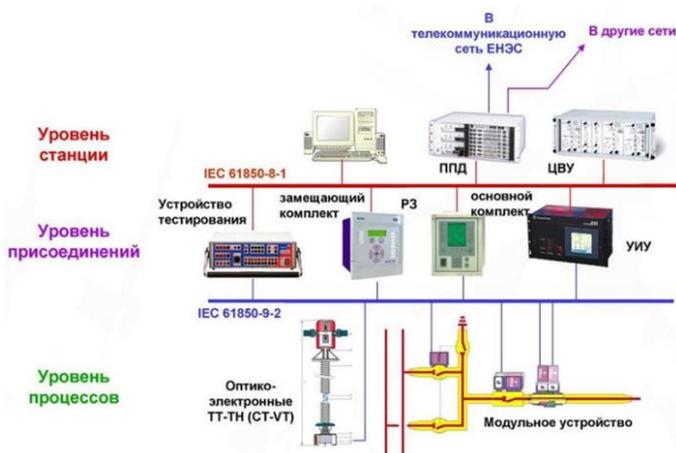


Рис.1. Структура цифровой подстанции

Существует 3 иерархических уровня цифровой подстанции [3]:

1. Полевой уровень (уровень процесса). Он включает в себя все первичные устройства, такие как распределительные устройства высокого напряжения или среднего напряжения и трансформаторы. Он также содержит устройства интерфейса процесса, такие как модули объединения;

2. Уровень присоединения. Он состоит из интеллектуальных электронных устройств. Электронное оборудование для контроля,

защиты, связи и других функций, таких как мониторинг и диагностика, часто упоминается как вторичное оборудование;

3. Станционный уровень. Уровень станции включает в себя главным образом оборудование для управления и защиты станции, автоматизированные рабочие места (АРМ), регистраторы помех и способы передачи данных, например, в центр управления сетью. Другие важные функции, такие как питание вспомогательной станции, не упоминаются в явном виде.

Цифровая подстанция обладает многочисленными преимуществами [4]:

Экономические:

1. Сокращение длительности перерывов в электроснабжении потребителей в аварийных режимах работы – уменьшение недоотпуска электрической энергии;

2. Автоматическое управление подстанцией без участия оперативного персонала – снижение затрат на обслуживание;

3. Увеличение точности измерений (особенно при токах менее 10 – 15 % I_n) и увеличение благодаря этому точности учета электроэнергии и точности определения мест повреждения;

4. Уменьшение потребления по цепям переменного тока и напряжения (в результате применения оптических трансформаторов тока и напряжения (ТТ и ТН);

5. Самодиагностика и дистанционная диагностика оборудования – ремонт по фактическому состоянию, снижение затрат на обслуживание;

6. Упрощение вторичных соединений (применение волоконно-оптических кабелей) – снижение затрат на обслуживание, упрощение вопроса электромагнитной совместимости.

Технологические:

1. Поставка оборудования в полной заводской готовности – снижение времени на строительно-монтажные и пуско-наладочные работы. Типизация и автоматизация проектных решений – снижение времени на проектирование;

2. Сокращение возможности появления дефектов;

3. Отсутствие электрической связи между первичным и вторичным оборудованием – повышение безопасности;

4. Исключение ошибочных действий персонала, производящих оперативные переключения на подстанции – уменьшение травматизма;

5. Видеоконтроль операций на подстанции – обеспечение безопасности;

6. Обеспечение контроля всех действий на подстанции в журнале

событий.

Основные недостатки цифровой подстанции:

1. Отсутствие единой нормативной базы на проектирование.
2. Различными производителями применяются собственные профили, которые между собой не совместимы без работ по адаптации, при этом они не противоречат базовому стандарту МЭК 61850-8-1. Значительная часть сигналов, касающаяся диагностических параметров в стандарте не доопределена и отдана на откуп производителей и интеграторов.
3. Необходимость квалифицированного обслуживающего персонала.
4. Вопросы информационной безопасности.

Ценность идеи интеллектуальной сети и цифровой подстанции в частности не только в повышении энергетической и экономической эффективности энергосистемы России, важно и то, что проект способен привести страну к новому этапу – преодолеть привычный путь ресурсного развития и сделать шаг к практической модернизации.

Разработка собственного российского решения по цифровой подстанции позволит не только развивать отечественное производство и науку, но и повысить энергобезопасность нашей страны. Проведенные исследования технико-экономических показателей позволяют сделать вывод, что стоимость нового решения при переходе на серийный выпуск продукции не будет превышать стоимость традиционных решений построения систем автоматизации и позволит получить ряд технических преимуществ, таких как:

1. Значительное сокращение кабельных связей.
2. Повышение точности измерений.
3. Простота проектирования, эксплуатации и обслуживания.
4. Унифицированная платформа обмена данными (МЭК 61850).
5. Высокая помехозащищенность.
6. Высокая пожаро-, взрывобезопасность и экологичность.
7. Снижение количества модулей ввода/вывода на устройства АСУ.

Еще ряд вопросов требует дополнительных проверок и решений. Это относится к надежности цифровых систем, к вопросам конфигурирования устройств на уровне подстанции и энергообъединения, к созданию общедоступных инструментальных средств проектирования, ориентированных на разных производителей микропроцессорного и основного оборудования. Для обеспечения

требуемого уровня надежности в рамках пилотных проектов должны быть решены следующие задачи:

1. Определение оптимальной структуры цифровой подстанции.
2. Накопление статистики по надежности оборудования цифровой подстанции.
3. Накопление опыта внедрения и эксплуатации, обучение персонала, создание центров компетенции.

Применение технологии цифровой подстанции должно позволить в будущем существенно сократить расходы на проектирование, пусконаладочные работы, эксплуатацию и обслуживание энергетических объектов.

Научный руководитель: доцент, к.т.н. Ю.Н. Булатов

Литература:

1. Проект РЗА. В чем преимущество цифровой подстанции. Электронный ресурс: <https://pro-rza.ru/v-chem-preimushhestvo-tsifrovoj-podstantsii/> (Дата обращения: 14.03.2022)

2. Вектор. Электротехнический завод. Цифровая подстанция. МЭК 61850. Электронный ресурс: https://etz-vektor.ru/storage/documents/file_76_2.pdf (Дата обращения: 22.03.2022)

3. Энергетика. Оборудование. Документация. Решения в области АСУ ТП для цифровых подстанций. Электронный ресурс: <https://forca.ru/stati/rzia/resheniya-v-oblasti-asutp-dlya-cifrovyh-podstanciy.html> (Дата обращения: 30.03.2022)

4. Агентство перспективных научных исследований. Актуальность применения цифровых подстанций. Электронный ресурс: <https://apni.ru/article/2521-aktualnost-primeneniya-tsifrovikh-podstantsij> (Дата обращения: 05.04.2022)

5. RusCable.Ru Энергетика. Электротехника. Связь. Цифровая подстанция – важный элемент интеллектуальной энергосистемы. Электронный ресурс: https://www.ruscable.ru/article/Tsifrovaya_podstant_siya_vazhnyj_element_intellektualnoj_energosisiste/ (Дата обращения: 11.04.2022)

Р.Н. Гаврилюк
ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»
г. Братск, r_1.0@bk.ru

ЗАЩИТА ОТ МЕХАНИЧЕСКОГО РАЗРУШЕНИЯ НАСОСОВ ОСУШЕНИЯ ПЛОТИНЫ ГЭС ВСЛЕДСТВИЕ «СУХОГО» ХОДА

Насосные осушения плотины гидроэлектростанции (ГЭС) не оборудованы защитой от «сухого хода»: из-за поломки обратных клапанов насос включается и работает без воды, пока это не обнаружит персонал. Это и есть «сухой» или холостой ход. Если насос вовремя не отключить он перегреется, что приведет к выходу оборудования из строя и дорогостоящему ремонту.

С целью исключения аварийных ситуаций в работе рассматривается техническое перевооружение насосных с установкой частотного преобразователя, что позволит обеспечить плавный пуск двигателей и реализовать защиту от «сухого» хода. При отсутствии датчика обратной связи (датчика давления) идентификацию режима «сухого» хода можно выполнить косвенно, по лавинообразному снижению рабочего тока (отсутствие нагрузки, работа насоса в режиме тока холостого хода). Для реализации такой задачи преобразователь частоты должен быть оснащен механизмом обнаружения недогрузки по току и ограничением времени действия недогрузки по току. Первый программируемый параметр с возможностью регулирования от 0 до 100% устанавливается на уровень недогрузки от 10 до 50% от номинального тока, второй параметр выбирается в диапазоне 10-20 секунд так, чтобы исключить ложные срабатывания и одновременно обеспечить эффективность защиты от последствий «сухого» хода. Также необходимо помнить о конфигурировании параметра, устанавливающего способ реагирования преобразователя частоты на аварию вследствие «сухого» хода и позволяющего блокировать электропитание на насос. Такая защитная функция заключается в следующем: если значение выходного тока преобразователя частоты ниже установленного параметра в течение установленного времени, преобразователь частоты отследит этот факт в соответствии с параметром, определяющим реакцию на аварию. Такая группа параметров также может применяться для защиты различных механизмов от режимов недогрузки.

Таким образом, существенно не меняя схему работы автоматики, появляется возможность ухода от перечисленных выше проблем. Затраты на модернизацию имеющегося оборудования будут гораздо меньше тех, что можно было бы потратить на замену или ремонт после

аварийной ситуации, т.е. по политике “цена - качество”, этот способ является максимально.

В заключении следует отметить, что эффективным и рациональным решением проблемы устаревания оборудования является модернизация имеющегося оборудования с целью увеличения его безотказности, уменьшения времени простоя, обслуживания, а также уменьшения его энергопотребления.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Т.Н. Яковкина

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

**Руководитель секции зав. кафедрой энергетики
кандидат технических наук, доцент Ю.Н. Булатов**

К.Л. Хусанова

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»
г. Казань, k-khusainova04@mail.ru*

ПЕРСПЕКТИВЫ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ

Запасов угля, нефти и газа на Земле с каждым днём становится всё меньше, к тому же добыча этих ископаемых загрязняет нашу планету, именно поэтому необходимо осваивать новые, экологичные источники энергии, наиболее перспективным из которых является ветроэнергетика.

Энергия ветра — возобновляемый вид энергии, который специализируется на превращении кинетической энергии воздушных масс в атмосфере в электрическую, механическую, тепловую с помощью ветрогенератора, ветряной мельницы, паруса [1].

Для ветроэнергетики предпочтительны регионы со средними за год скоростями ветра выше 7 м/с. В России это побережье Северного ледовитого океана от Кольского полуострова до Берингова пролива и арктические острова, а также Дальний восток. На юге европейской части России скорость ветра составляет 6-9 м/с, её достаточно для развития ветроэнергетики. Самой ветреной территорией в столице республики Татарстан является село Красновидово Камско-Устьинского района, то есть использование энергии ветра в Казани возможно [2].

Самыми эффективными ветрогенераторами являются ветрогенераторы с тремя лопастями и вертикальной осью вращения. В России ветрогенераторы с горизонтальной осью вращения, стартовая скорость которых начинается с 3-6 м/с, практически неприменимы, так как в нашей стране среднегодовая скорость ветра не превышает 5 м/с, вертикальному же достаточно 1 м/с, чтобы начать вырабатывать электричество. Наиболее прогрессивной технологией является сочетание двух видов генераторов в одном устройстве, а именно вертикального ветрогенератора и теплового насоса. Вместе они производят достаточное количество электрической и тепловой энергии во многих частях России [3].

Наиболее перспективными местами источников ветра являются прибрежные зоны, но строительство в море (на расстоянии 10-12 км от берега) ветроэнергетических установок обойдётся почти в 2 раза

дороже, чем на суше. Такие установки называют офшорными ветряными электростанциями, башни которых устанавливаются на фундаментах из свай, забитых на глубину до 30 метров. Также она включает распределительные подстанции и подводные кабели до побережья [4].

Основные характеристики ветрогенераторов: его номинальная мощность и размер; объем вырабатываемой энергии; расчетная, стартовая и максимальная эксплуатационная скорости ветра; способ регулирования ветрогенераторов; высота мачты; шум [5].

Сами ветроэнергетические установки очень шумные, их звук действует отрицательно не только на людей, но и на зверей. Также они требуют больших территорий, ведь необходимо, чтобы лопасти не пересекались друг с другом [6].

Таким образом, у ветроэнергетических станций много положительных сторон: на их сооружение не требуются огромных затрат, они не загрязняют воздух и не используют воду, что позволяет снизить нагрузку на водные ресурсы. Большим плюсом является и то, что ветер – это неисчерпаемый источник энергии. Именно поэтому энергия ветра обладает перспективой в развитии отраслей альтернативной энергетики [7].

Научный руководитель: к.т.н., доцент А.Е. Кондратьев

Литература:

1. Курицына, К. С. Ветер как альтернативный источник энергии / К. С. Курицына // Научному прогрессу - творчество молодых: Материалы X международной молодежной научной конференции по естественнонаучным и техническим дисциплинам: в 2 частях, Йошкар-Ола, 17–18 апреля 2015 года. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2015. – С. 256-257.

2. Захарова, В. Е. Перспективы использования ветроэнергетических установок в России и за рубежом / В. Е. Захарова // Научному прогрессу – творчество молодых. – 2017. – № 2. – С. 129-130.

3. Шарафисламова, Э. А. Совместная работа теплового насоса с ветрогенератором малой мощности / Э. А. Шарафисламова, А. Е. Кондратьев // Научному прогрессу – творчество молодых. – 2016. – № 2. – С. 256-258.

4. Захарова, В. Е. Сравнение технических характеристик разных типов ветряных установок / В. Е. Захарова // Научному прогрессу - творчество молодых: Материалы X международной молодежной научной конференции по естественнонаучным и техническим

дисциплинам: в 2 частях, Йошкар-Ола, 17–18 апреля 2015 года. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2015. – С. 243.

А.А. Азнабаева

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»
г. Казань, aznabaz@yandex.ru*

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ

В настоящее время множество ученых из разных стран находятся в поиске альтернативных источников энергии, одним из которых является геотермальная энергия Земли. Учитывая усиленное использование углеводородного топлива, геотермальная энергетика является перспективной разработкой, при этом геотермальная энергия уже существует как теплота, и не требует сжигания углеводородного топлива. Как следствие, инвестиции в эту сферу оправдают себя в ближайшие годы.

Геотермальная энергетика - альтернативный источник энергии, использующий возобновляемые ресурсы, источником которого является магма Земли. Магма раскалена до предела, поэтому запасы тепла практически неисчерпаемы. Геотермальные месторождения размещены в основном в районах недавнего вулканизма [1].

Экологические аспекты основываются на оценке воздействия применяемых технологий, поэтому необходимо рассмотреть основные типы современных геотермальных тепловых электростанций (ГеоТЭС), принцип их работы и характер воздействия на окружающую среду. Существует три схемы производства электроэнергии с использованием геотермальных ресурсов:

- с применением сухого пара (прямая);
- с применением водяного пара (непрямая);
- комбинированная схема производства (бинарный цикл).

В первой схеме для производства электроэнергии используется сухой пар, поступающий из скважины, который пропускается через турбину или генератор. Это старые геотермальные электростанции, действующие и на сегодняшний день.

Вторая схема с непрямым типом производства электроэнергии являются самой распространенной. Горячие подземные воды, температура которых выше 110°C, закачиваются при высоком давлении в генераторные установки. В них в результате снижения давления вода превращается в пар. Пар в свою очередь приводит в действие турбину.

Третья схема отлична от двух предыдущих типов. А именно различие состоит в том, что пар и вода, которые поступают из подземных источников, не вступают в непосредственный контакт с турбиной или генератором. Энергия, благодаря которой образуется пар, передается через теплообменник или тепловой насос [2]. Строительство таких ГеоТЭС является перспективной разработкой. Объясняется это с тем, что большая часть геотермальных вод имеет достаточно низкую температуру и для использования в первых двух типах электростанций непригодна.

Благодаря анализу материалов по эксплуатации объектов геотермальной энергетики можно выделить основные экологические аспекты, то есть характер воздействия на окружающую среду, которые необходимо учесть при выборе места расположения ГеоТЭС [3].

1. Инженерно-экологическое обустройство районов ГеоТЭС.

Проектирование, строительство и эксплуатация ГеоТЭС во многом способствует сохранению туристических объектов. Проявляется это в виде их защиты от неблагоприятных природных и антропогенных воздействий. А также это может повысить их социальную привлекательность. Примером данного аспекта служит Голубая Лагуна, которая является достопримечательностью Исландии. Здесь размещена ГеоТЭС, которая поддерживает облик природного объекта. Обустройство районов расположения геотермальных электростанций является привлечением для массового туризма.

2. Полезные экологические объекты для людей

Индустриальные ландшафты, образовавшиеся на территориях крупных ГеоТЭС, могут использоваться в качестве туристического объекта. Это достигается путем организации дополнительных услуг и сервисов. Примером их являются грязевые котлы, поиск которых без специальных средств затруднен [4]. Значительно устаревшая уже в результате строительства электростанция «Вайракея» в Новой Зеландии на месте естественных геотермальных источников способствовала к увеличению туристического потока, что в свою очередь не только сохранила, но и увеличила количество рабочих мест. Все это привело к серьезному увеличению благосостояния местных жителей.

3. Выбросы в атмосферу

Так как ГеоТЭС является альтернативой производства электроэнергии на основе сжигания топлива, можно смело заявить, что такое строительство приведет к значительному снижению токсичных выбросов, которые являются неотъемлемой частью тепловых станций на углеводородном топливе. К примеру, только один бинарный

энергетический блок Паужетской ГеоТЭС сократил выбросы углекислого газа более чем на 8 тонн/год.

Таким образом, такой вид альтернативного источника энергии как геотермальная энергия является одним из лидирующих. Гидрогеотермальные ресурсы успешно осваиваются во многих странах мира для производства электрической и тепловой энергии, полностью закрывая при этом все потребности в электрической и тепловой энергии. Следует отметить, что низкопотенциальные источники тепловой энергии активно используются в настоящее время [5].

Масштабы использования геотермальной энергии постоянно растут, количество стран, успешно использующих эту энергию, также с каждым годом увеличивается. Кроме этого, использование геотермальной энергии способствует значительному улучшению экологической обстановки, потому что для действующих геотермальных электростанций характерен совершенно незначительный уровень выбросов токсичных веществ, что значительно меньше выбросов традиционных видов энергетики.

Научный руководитель: к.т.н. А. Е. Кондратьев

Литература:

1. Исмаилова, Г. М. Геотермальная энергетика и ее перспективы использования в России и зарубежом / Г. М. Исмаилова, А. Е. Кондратьев // В мире науки и инноваций: сборник статей международной научно-практической конференции: в 8 частях, Пермь, 25 декабря 2016 года. – Пермь: Общество с ограниченной ответственностью "Аэтерна", 2016. – С. 86-88.

2. Гатауллина, И. М. Технология устройства снегоплавильных станций на основе применения тепла сточных вод / И. М. Гатауллина // Тинчуринские чтения: Материалы XIV Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 23 апреля – 26 2019 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2019. – С. 104-107.

3. Алимкулова, С. Р. Способ решения проблем энергосбережения в системе теплоснабжения / С. Р. Алимкулова // Научному прогрессу – творчество молодых. – 2019. – № 2. – С. 73-74.

4. Гапоненко, С. О. Акустический метод определения скрытых полых объектов сложной формы / С. О. Гапоненко, А. Е. Кондратьев // Научному прогрессу - творчество молодых: Материалы IX международной молодежной научной конференции по естественнонаучным и техническим дисциплинам: в 3 частях, Йошкар-Ола, 18–19 апреля 2014 года / Поволжский государственный

технологический университет. – Йошкар-Ола: ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ, 2014. – С. 30-32.

5. Гатауллина, И. М. Использование тепловых насосов в системах теплоснабжения зданий / И. М. Гатауллина // Научному прогрессу – творчество молодых. – 2018. – № 2. – С. 71-74.

Л.А. Попова, А.А. Трофимова

*ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»
г. Братск, l_popova03@mail.ru, alinatrofimova313@gmail.com*

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ

Стремительное развитие теплоэнергетики как промышленной отрасли началось в XVIII веке с массового производства двигателей, рассчитанных для приводных механизмов. Главной целью инженеров с этого времени стал поиск самого высокоэффективного пути передачи механической энергии и трансформация её в другие виды. Прежде всего, генераторами были паровые машины, после – двигатели внутреннего сгорания, а потом – газовые турбины.

Сама история развития теплоэнергетики начинается с конца XVII века и продолжается по сегодняшний день.

В конце XVII века французский физик, один из изобретателей теплового двигателя, Папен Дени создал паровой котел с предохранительным клапаном в 1680 году, а еще несколько машин для подъема воды. В 1690 году рассмотрел замкнутый термодинамический цикл пароатмосферного двигателя, но создать работоспособный двигатель не смог.

Уже в середине XVIII столетия в Европе преобладала теория теплорода, впервые выдвинутая Робертом Бойлером. В основе данной теории заключалось представление о некой огненной материи, распространяющей и передающей тепло, а также огонь. В 1774 г. Михаил Ломоносов в своей работе «Размышления о причинах теплоты и холода» отрицает теорию теплорода и выдвигает корпускулярно-кинетическую теорию тепла, в соответствии с которой теплота есть форма движения мельчайших частиц тела, заложил тем самым основы механической теории теплоты.

Вторая половина XVIII столетия отличилась пуском первой паровой машины, сделанной, русским изобретателем Иваном Ползуновым. Машина благополучно проработала 3 месяца. Но, к сожалению, после смерти Ползунова не нашлось в России никого, чтобы поддержать его идею.

В 1794 году на прядильной фабрике в Манчестере появилась двухцилиндровая паровая машина, представляющая изобретение Ползунова. Создателем её был Фальк, видевший машину Ползунова и описавший её в печатном виде. Построенная Фальком по плану Ползунова машина работала больше 30 лет.

Наконец, в самом начале XIX века в 1831 году британцем Перкинсом была создана, а затем и получившая патент водяная система отопления высокого давления. Данная система состояла из кольцевого трубопровода, в одной части которого он был согнут в змеевик и размещен в огневую топку, а в других частях данный же трубопровод был также согнут в змеевики и работал теплоотдающими нагревательными приборами, установленными в отапливаемых помещениях выше топки. Данное устройство было так отлично продумано Перкинсом в конструктивном отношении, что в течение больше половины века практически нечего было улучшать в данной системе.

В этом же году английский физик, основатель учения об электромагнитном поле Майкл Фарадей, экспериментально открыл явление электромагнитной индукции – возникновение электрического тока в проводнике, движущемся в магнитном поле. Им изобретены первые электрические машины – трансформатор и электрогенератор (динамо-машина). В наше время на ТЭЦ трансформаторный блок монтируется между генераторами и потребительской сетью с напряжением 110-220 кВ.

В дальнейшем, в середине XIX столетия выдающимся британским инженером и физиком Уильямом Томсоном разработан принцип тепловых насосов и детализирован австрийским инженером Петером Риттер фон Риттингером, которого и считают изобретателем теплового насоса. Он спроектировал и установил 1-й известный тепловой насос в 1855 году. Впрочем, практическое использование тепловые насосы получили в 40-х годах XX столетия изобретателем Робертом Вебером, который приспособил его для получения тепла и горячей воды в своем доме.

В 1885 году впервые был изобретён асинхронный электродвигатель Галилео Феррарисом в Италии. Годом позже русский электромеханик Михаил Доливо-Добровольский сделал индукционный мотор с короткозамкнутым ротором. Именно эти машины составляют наибольшую часть электрических машин. Они используются как электродвигатели, в которых электрическая энергия преобразуется в механическую. Сейчас на разных промышленных объектах и предприятиях очень часто применяют асинхронные электродвигатели,

в которых частота вращения ротора отличается от частоты вращающего магнитного поля. Двигатели такого типа так же применяются в теплоэнергетических установках и современных ТЭЦ.

В конце XIX столетия и в начале XX столетия в России был изобретен теплообменник отопления. Впервые электроотопительный теплообменник был произведен в Санкт-Петербурге в 1885 г. Первооткрыватель известного отопительного устройства был русский немец Франц Сан-Галли. Вид первого радиатора отличался от нынешнего. Изобретение Сан-Галли представляло собой толстые трубы с вертикальными дисками. Свое открытие он назвал «хайцкерпер» (горячая коробка). Он же и разработал русское название радиатора «батарея», также продвигал собственное изобретение в Германии и США.

Кроме того, в XIX столетие возникла первая тепловая система отопления в Англии с целью отопления нескольких оранжерей. Позднее, в городе Локпорт США появилась первая районная теплоцентраль городского масштаба, снабжающая по подземным трубопроводам своих абонентов паром. В СССР 1-ый городской теплопровод был проложен в Ленинграде в 1924г.

Как показала история теплоэнергетики, должны произойти серьезные качественные изменения, включающие последующее техническое улучшение, перехода на существенно новые технологии. В нашей статье рассмотрены итоги планомерной работы, выдающиеся достижения ученых, изобретателей-теплоэнергетиков на протяжении нескольких столетий. Тем не менее, научно-технический прогресс неумолим, пройдут годы, десятилетия и даже самые последние технические достижения станут наследием истории, а им на смену придут существенно новые технологии.

Научный руководитель: ст. преподаватель С.В. Латушкина

Литература:

1. Энергия и развитие человечества. [Электронный ресурс]. -Режим доступа:<http://energetika.in.ua/ru/books/book-5/part-2/section-1/1-1> - Загл. с экрана (дата обращения: 29.03.2022)

2. История энергосбережения. [Электронный ресурс]. - Режим доступа:<http://savenergy.info/page/istorija-energoberezenija/> - Загл. с экрана (дата обращения: 06.04.2022)

3. История энергосбережения. [Электронный ресурс].-Режим доступа:<http://old.savenergy.info/page/istorija-energoberezenija> - Загл. с экрана (дата обращения: 02.04.2022)

Г.Р. Мустафина
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»
г. Казань, gulfia999@gmail.com

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА БИОГАЗА

Глобальные проблемы, возникающие в области энергосбережения возможно решить путем рациональной эксплуатации всех источников энергии и топлива на Планете. Усиленное использования традиционного вида топлива влечет за собой большие экономические проблемы масштабного характера, кроме того наблюдается существенный урон, нанесённый по экологии, тем самым, вызывая глобальный интерес к возобновляемым источникам энергии, в особенности, биогазовой установке, служащей не только для получения биологически чистого газа и высоко-эффективного удобрения, но и сокращению выхода метана в окружающую среду, который является источником парниковых газов.

В процессе технологии анаэробного сбраживания возможно получить механическую, электрическую и тепловую энергию. Кроме того, технология служит в качестве утилизации различных видов органических отходов, что сокращает затраты ферм, агропромышленных комплексов и фабрик. В особенности, биогазовые установки выгодны в районах с птицефабрикой, так как сокращается заболеваемость и улучшается эпидемиологическая ситуация, у жителей таких районов появляется возможность избавиться от резкого и едкого запаха [1].

Известно, что крупный рогатый скот и птицы усваивают энергию растительных кормов, и большая часть усвоенного высвобождается в виде навоза. Тем самым, данное сырье является очень ценным для органических удобрений служит в качестве мощного возобновляемого источника энергии. Использование в качестве сырья навоз и помет уменьшает выбросы углекислого газа, потому что основное количество углерода переходит в метан, и исключается применение ископаемых видов топлива.

Необходимо знать, что для оптимальной работы биогазовой установки важно учитывать климатические условия, например, разработку технологий на Дальнем Востоке и Сибири нецелесообразно, из-за низкой температуры в зимний период времени по причине установки дополнительного источника тепла, что является не экономично [2].

Рассмотрим глобальные экологические преимущества более подробно. В процессе метагенеза осуществляется круговорот углерода в окружающей среде. Используя антропогенные отходы и утилизируя конечный биогаз, снижается экологический урон, ускоряя тем самым разложения отходов и их уменьшая их количества.

В процессе использования в биогазовой установке в виде сырья - навоз крупного рогатого скота необходимо его обеззараживание, так как метаногенез обеспечивает дегельминтизацию, исключение патогенных форм микроорганизмов всхожести семян, сорняков, высокую эффективность удобрительной ценности. Проходя этап ацидогенеза, происходит гибель патогенных элементов за счёт высокой температуры и антибактериального воздействия летучих жирных кислот [3].

На сегодняшний день глобальное использование биогазовых технологий затрудняется по причине значительных затрат на её установку. Проблема заключается в низкой себестоимости альтернативных источников энергии. На сегодняшний день удельные затраты электроэнергии на биогазе в 5 раз выше, чем природного газа, но необходимо учитывать, что на биогазовой установке сравнительно малый срок окупаемости.

Данные экономические проблемы влекут собой как сдерживающие, так и стимулирующие факторы на установку биогазовых технологий [4].

Рассмотрим прямые экономические выгоды от биогазовой установки. Возможность сокращения расходов на электроэнергию, энергоносителей и удобрений, рациональное управления отходами, избавление от уплаты тарифов за подключение дополнительной электрической мощности, сокращение платежей за штрафы за загрязнение окружающей среды опасными отходами, и получение прибыли от утилизации органических отходов ферм и фабрик. Кроме того, возможность обеспечения своего производства топливом и энергии, но для производства необходимо вложить высокие капитальные затраты и единовременные вложения. Сумма данных вложений зависит от мощности самого оборудования.

Несомненно, использование альтернативных источников энергии повысит эффективность экономической, экологической и социальной ситуации.

Научный руководитель: к.т.н., доцент А.Е. Кондратьев

Литература:

1. Мустафина, Г. Р. Перспективы применения биогазовой установки при утилизации органических отходов птицефабрик / Г. Р. Мустафина, А. Е. Кондратьев // Экологическая безопасность в техносферном пространстве: сборник материалов Третьей Международной научно-практической конференции преподавателей, молодых ученых и студентов, Екатеринбург, 09 июня 2020 года. – Екатеринбург: Российский государственный профессионально-педагогический университет, 2020. – С. 88-90.

2. Мустафина, Г. Р. Анализ систем сжигания биогаза / Г. Р. Мустафина // Тинчуринские чтения - 2021 "Энергетика и цифровая трансформация": Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 28–30 апреля 2021 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: Общество с ограниченной ответственностью Полиграфическая компания "Астор и Я", 2021. – С. 142-144.

3. Патент на полезную модель № 105449 U1 Российская Федерация, МПК G01N 1/22. Лабораторная установка для исследования метанового сбраживания органических отходов с получением биогаза: № 2011102657/05: заявл. 24.01.2011; опубл. 10.06.2011 / С. Р. Калачева, А. Е. Кондратьев; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Казанский государственный энергетический университет" (КГЭУ).

4. Ибадов, А. А. Применение биогазовой установки для утилизации органических отходов молочного производства / А. А. Ибадов // Актуальные проблемы науки в студенческих исследованиях: Сборник материалов VII Всероссийской студенческой научно-практической конференции, Альметьевск, 11–12 мая 2017 года / Под общей редакцией С.В. Юдиной. – Альметьевск: Издательство "Перо", 2017. – С. 150-151.

Р.Р. Даутов

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»
г. Казань, gluzha.dautova@ya.ru*

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ЖИЛОГО ЗДАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕПЛООВОГО НАСОСА НА ДИОКСИДЕ УГЛЕРОДА

В теплоэнергетике в настоящее время повышение энергоэффективности и снижение тепловых потерь являются актуальнейшими проблемами. В частности, перспективным

направлением в сфере теплоснабжения является использование альтернативных источников тепла. В работе рассматривается система отопления на базе теплового насоса. Ввиду запрета на традиционные хладагенты (фреоны), из-за их высоких потенциалов к глобальному потеплению и разрушению озонового слоя, было решено использовать природные хладагенты в качестве альтернативы.

Одним из высокоэффективных и доступных хладагентов является диоксид углерода (CO_2). Он представляет собой природный газ, содержащийся в атмосфере, который не имеет озоноразрушающего потенциала и не способствует глобальному потеплению. Диоксид углерода считается безопасным газом, так как не токсичен и не горюч. Главной проблемой при использовании диоксида углерода в качестве хладагента в системах отопления является то, что данные тепловые насосы работают в сверхкритическом состоянии высокого давления. С другой стороны, использование газоохладителя в контуре данного теплового насоса позволяет нагревать воду до гораздо более высоких температур, чем с обычными холодильными агентами [1].

Принцип действия традиционного парокompрессионного теплового насоса состоит в следующем. Испарителем извлекается тепловая энергия из низкпотенциального источника. Через данный теплообменник тепло поглощается низкотемпературной жидкостью, превращающей хладагент в газ. Затем он сжимается и его давление увеличивается с помощью компрессора. Температура теплоносителя резко повышается в конденсаторе благодаря высокопотенциальной теплоте хладагента. Поскольку рабочая жидкость все еще находится на под высоким давлением он проходит через расширительный клапан, который снижает давление, создавая охлаждающий эффект. При этом жидкость возвращается в жидкую фазу при низком давлении, и цикл повторяется снова [2].

Диоксид углерода может использоваться в качестве хладагента в парокompрессионных тепловых насосах, если в докритическом состоянии температура среды ниже 20°C . Если используемая среда имеет температуру выше 20°C , то диоксид углерода будет использоваться в транскритическом состоянии. Система, работающая в транскритическом цикле, может также эффективно работать и в докритическом режиме. Это означает, что при использовании диоксида углерода в качестве хладагента можно достичь высокого коэффициента трансформации COP (Coefficient of Performance) теплового насоса. Так как критическая температура углекислого газа составляет около 31°C , то, если для охлаждения на стороне высокого давления используется окружающий воздух при температуре 30°C , он не сможет

конденсировать углекислый газ. Таким образом, хладагент после компрессора будет охлаждаться как сверхкритическая жидкость при давлении выше критического [3].

Системы отопления с тепловым насосом на CO_2 имеют три основных отличия от систем, использующих традиционные хладагенты. Во-первых, тепловая энергия отводится при сверхкритическом давлении. Это объясняется транскритическим циклом. В нем тепловой насос работает выше критической точки хладагента. При проектировании систем отопления должно учитываться возможность контроля параметров на стороне высокого давления для обеспечения высокого COP. Во-вторых, уровень давления внутри системы теплового насоса на диоксиде углерода заметно выше, чем в обычных системах. Так, можно достичь до значения рабочего давления, которое будет на 13 МПа и выше. Одним из главных преимуществ высокого давления заключается в воздействии, оказываемом на рабочий объем компрессора. В-третьих, при отводе тепловой энергии температура хладагента сильно изменяется, так как в сверхкритических условиях отвод тепла от хладагента происходит за счет охлаждения сжатого газа. С помощью газоохладителя хладагент можно охладить на несколько градусов выше температуры охлаждающей жидкости на входе, что способствует высокому КПД системы [4].

По мере повышения температуры воды на входе давление на выходе компрессора будет увеличиваться. Воздействие на газоохладитель напрямую влияет на эффективность и теплопроизводительность теплового насоса. Чем выше температура воды на его входе, тем выше будет температура на выходе из охладителя газа. Поэтому при проектировании системы отопления с тепловым насосом на диоксиде углерода следует обратить внимание на минимально возможную температуру на выходе из газоохладителя и максимально возможную температуру испарения [5].

При использовании транскритического цикла давление газоохладителя не зависит от состояния углекислого газа. Это объясняется тем, что нет связи между температурой и давлением выше критической точки. Это означает, что тепловой насос может работать при различных значениях высокого давления, т.е. давление в системе должно быть зафиксировано устройством управления, чтобы цикл мог работать в оптимальном режиме.

COP системы отопления на базе теплового насоса на CO_2 зависит от температуры испарения, температуры на выходе из газоохладителя,

КПД (коэффициента полезного действия) компрессора и температуры нагнетания компрессора [6].

В Японии популярно использование тепловых насосов на диоксиде углерода. Так, под торговой маркой японцами был разработан тепловой насос марки EcoCute. Он способен нагревать горячую воду с температурой до 90°C при среднегодовом коэффициенте трансформации COP выше 3. Высокая энергоэффективность теплового насоса на диоксиде углерода обусловлена хорошей температурной совместимостью между данным ним и водой в газоохладителе [7].

Таким образом, диоксид углерода может стать достойной альтернативой в качестве природного хладагента для теплового насоса. Свойства CO₂ являются его преимуществами при использовании в качестве хладагента. Тепловой насос на диоксиде углерода имеет большой потенциал для модернизации будущих отопительных систем.

Научный руководитель: к.т.н., доц. А.Е. Кондратьев

Литература:

1. Даутов, Р.Р. Диоксид углерода как хладагент тепловых насосов, применяемых в системах теплоснабжения // XXV Туполевские чтения (школа молодых ученых): Международная молодежная научная конференция: Материалы конференции. Сборник докладов/ Казань: Изд-во ИП Сагиева А.Р., 2021. Т.2. С. 191-195.

2. Даутов Р.Р. Перспективы применения тепловых насосов // Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России: материалы VI Всероссийской студенческой конференции. Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет. 2020. – С. 107-108.

3. Гатауллина, И. М. Построение системы теплоснабжения на основе теплового насоса / И. М. Гатауллина // Тинчуринские чтения: Тезисы докладов XIII молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 24–27 апреля 2018 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2018. – С. 160-162.

5. Сабирова, Л. Р. Особенности применения индивидуальных тепловых пунктов в городе / Л. Р. Сабирова // Тинчуринские чтения: Тезисы докладов XIII молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 24–27 апреля 2018 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2018. – С. 203-205.

6. Ghazizade-Ahsaei H., Ameri M. Study of a direct-expansion ground source heat pump using carbon dioxide // Modares Mechanical Engineering 2017. – № 17(6). – Tehran: 433-443 p.

7. Гатауллина, И. М. Технология устройства снегоплавильных станций на основе применения тепла сточных вод / И. М. Гатауллина // Тинчуринские чтения: Материалы XIV Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 23 апреля – 26 2019 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2019. – С. 104-107.

Н.А. Зубарев

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»
г. Казань, zubarev_n@mail.ru, sogaponenko@yandex.ru*

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ВИБРОДИАГНОСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

На сегодняшний день все большее применение находят методы технической диагностики энергетического оборудования на основе вибрационного контроля. Это связано с тем, что установившийся вибросигнал объекта контроля обладает полной информацией по его техническому состоянию [1].

Вся информация в сигнале, как правило, характеризуется амплитудой сигнала, его частотой или спектральным составом, фазой или относительными временными зависимостями нескольких сигналов. Всю эту информацию возможно получить из сигнала при помощи его обработки. Для исследования аспектов обработки сигналов необходимо умение использовать системы численно – математического моделирования, например, MATLAB, Octave, Mathcad, LabVIEW и др.

Каждый аналоговый сигнал может быть подвергнут дискретизации по времени и квантованию по уровню, то есть показан в цифровом виде.

Сигналы могут быть обработаны с использованием аналоговых, цифровых или комбинации аналоговых и цифровых методов.

Основным различием между цифровой обработкой сигнала от традиционного компьютерного анализа данных является более высокой скорости и эффективности выполнения сложных функций цифровой обработки, например, фильтрации, анализа с использованием быстрого или дискретного преобразования Фурье, или алгоритмическое преобразование данных в действительном масштабе времени.

Комбинированная обработка сигналов предполагает, что система исполняет как аналоговую, так и цифровую обработку. Именно комбинированная обработка является наиболее распространенной из-за

того, что невозможно обработать физические аналоговые сигналы, используя только цифровые методы, так как все датчики (микрофоны, термомпары, манометры и т.д.) являются аналоговыми устройствами.

Большое распространение получил метод вибродиагностики, согласно которому регистрируют и анализируют параметры колебаний объекта контроля.

Для обработки диагностических вибороакустических сигналов используются различные методы статистики, вейвлет-преобразования и преобразования Фурье, которые относятся к спектральному анализу сигналов [2].

Однако необходимо учитывать, что при вибродиагностике наличие дефекта в структуре объекта контроля вызывает сложные динамические взаимодействия, то есть параметры диагностических сигналов носят хаотический характер, что в свою очередь влияет на сам сигнал. Из-за этого применение традиционных методов обработки диагностической информации является недостаточным и не всегда позволяют эффективно идентифицировать нерегулярные составляющие сигнала, в следствии определить дефект или неоднородность [3].

Из вышесказанного, можно сделать вывод, что для идентификации диагностической информации при оценке технического состояния оборудования наиболее целесообразно применять энтропийные показатели такие как энтропия Шеннона, Колмогорова, Колмогорова-Синая и множество других.

В результате проведенного теоретического исследования, наиболее эффективной себя представляет энтропия Шеннона, которая определяет степень изменчивости процесса, то есть дает количественную оценку отклонения распределения значений временного ряда по уровням от равномерного. По изменению значения энтропии Шеннона можно судить о влиянии дефекта на исследуемый сигнал. Расчет энтропии Шеннона ведется на основе формулы, предложенной К. Шенноном в 1948г. для вычисления информационной энтропии:

$$H_{sh} = -\sum_{i=1}^n p_i \log_b p_i \quad (1)$$

где n - количество возможных событий, b - единицы измерения информации (2 - биты, 3 – триты и т.д.), p_i — вероятности события.

Помимо энтропии Шеннона одной из важнейших характеристик динамического хаоса считается энтропия Колмогорова, которая определяет скорость потери информации о состоянии динамической системы со временем, но так как на практике временные ряды в основном имеют конечную длину, применение энтропии Колмогорова является невозможным [4].

Из вышесказанного можно сделать вывод, что наличие дефекта в объекте контроля вызовет изменение собственных вибрационных параметров объекта, то есть изменит распределение его энтропийных параметров, а это значит, что изменится и значение энтропии. Энтропия Шеннона позволяет оценить вариабельность процессов распределения колебательной энергии, из чего можно судить о наличии дефекта и влияние его на диагностический сигнал по изменению значения энтропии Шеннона.

Научный руководитель: к.т.н. С.О. Гапоненко

Литература:

1. Новый подход к контролю технического состояния трубопроводов на основе энтропийной параметризации вибродиагностических сигналов / С. О. Гапоненко, А. Р. Загретдинов // Тинчуринские чтения - 2021 "Энергетика и цифровая трансформация" : Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 28–30 апреля 2021 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова . – Казань: Общество с ограниченной ответственностью Полиграфическая компания "Астор и Я", 2021. – С. 101-104. – EDN NDQRHH.

2. Шакурова, Р. З. Энтропийная параметризация вибрационных характеристик в технической диагностике / Р. З. Шакурова, А. Е. Кондратьев, С. О. Гапоненко // Научному прогрессу – творчество молодых. – 2021. – № 2. – С. 177-179. – EDN NTVVZA.

3. Гапоненко, С. О. Определение информативных частотных диапазонов для контроля местоположения заглубленных трубопроводов // Научному прогрессу – творчество молодых: матер. XIII междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 4 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2018. – С. 68-71

4. Чернов, А. В. Диагностика негерметичности в затворе электроприводной арматуры по энтропийным показателям звуковых и ультразвуковых сигналов / А. В. Чернов, Е. А. Абидова, Л. С. Хегай // Инженерный вестник Дона. – 2017. – № 4(47). – С. 39. – EDN YUQJFY.

В.С.Храпова¹, П.Р.Кузьминич², С.В.Минеева³
ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»¹
МБОУ «СОШ № 45»^{2,3} г.Братск, hrapovavalya@yandex.ru¹,
sveta.mineeva2005@mail.ru³, kuzminichp@bk.ru²

ВОДОРОДНОЕ ТОПЛИВО КАК СПОСОБ ПЕРЕХОДА К БЕЗУГЛЕРОДНОЙ ЧИСТОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Возможности использования водорода в энергетических целях известны давно, и интерес к ним проявлялся не один раз. Водород является одной из наиболее обсуждаемых тем для замены традиционных энергоносителей. Несмотря на различия в планах «зеленого перехода», все крупнейшие экономики таких стран как: США, стран Евросоюза, Великобритании, Китая и Японии-рассчитывают, что именно водород сыграет существенную роль в их декарбонизации за счет расширения его использования в энергетических и транспортных системах, ведь основные преимущества водорода как источника энергии – это обеспечение энергетической и экологической безопасности (в процессе сгорания образуется вода); высокая теплотворная способность по сравнению с углеродными энергоносителями и высокий КПД водородных топливных элементов.

Германия стала одной из первых стран Евросоюза, которые объявили о своей энергетической стратегии, связанной с водородом. Цель страны — создать нейтральную для климата экономику с сокращением выбросов CO₂ на 95% [1]. Одними из проектов, которые страна реализует в данном направлении это перестройка своих газопроводов под перекачку водорода, а также ввод в эксплуатацию электричек, использующих водородное топливо.

Данная тема является актуальной не только для нашей страны, но и для всего мира. Традиционные источники энергии, такие как нефть, газ, каменный уголь, дрова, со временем иссякнут. Более того, в данном вопросе стоит еще и экологическая проблема, ведь сжигание углеводородного топлива дает выбросы в атмосферу, тем самым создается так называемый «парниковый эффект» и «озоновые дыры», из-за которых с каждым годом экологическое состояние планеты ухудшается. В связи с этим в конце 2015-ого года было принято «Парижское соглашение», основными целями которого являются [2]:

1. Ограничить рост температуры в пределах 1,5°C;
2. Проводить обзор вклада стран в сокращение выбросов каждые пять лет.

3. Введение углеродного налога [3]. (Цель данного налога: плата за сжигание топлива на основе углерода, а именно: уголь, нефть, природный газ и др.)

За последние восемь лет в России все больше выводят ТЭС, а возобновляемые источники энергии становятся все более актуальными как «чистые виды» добычи электричества [6]. Однако у них есть недостаток - неравномерная выработка электрической энергии. В этом случае источники энергии, основанные на водородных технологиях, могут выступать одним из вариантов решения проблемы надежного покрытия электрического графика нагрузок потребителей, выступая как накопитель энергии.

Мероприятия по развитию водородных технологий ввиду своей актуальности включены в «Энергетическую стратегию» в России до 2035 года (ЭС-2035), одной из основных целей которой является максимально эффективное использование природных энергетических ресурсов и потенциала энергетического сектора для повышения качества жизни населения страны и устойчивого роста экономики [4]. Многие европейские державы создают нашей стране условия, из-за которых уменьшается экспорт углеводородного сырья. Если мы не будем изменять свою энергетику, то в водородную экономику Европы мы не войдем. Нужно иметь в виду, что, поставляя меньше газа и нефти мы можем заменить их поставками водорода. У нас довольно низкая стоимость газа, а на его долю приходится 45-70 % затрат на производство водорода. В связи с этим, в России водородные технологии всё равно будут экономически эффективнее, чем, например, в Европе, ведь водородное топливо является одним из самых экологически-чистых продуктов [5]. Уже сегодня Россия обладает важными конкурентными преимуществами по развитию водородной энергетики: наличием значительного энергетического потенциала и ресурсной базы, недозагруженных генерирующих мощностей, географической близостью к потенциальным потребителям водорода (например, Япония, Китай и США), научным заделом в сфере производства, транспортировки и хранения водорода, а также наличием действующей транспортной инфраструктуры. В частности, большие запасы газа, угля и воды, значительный резерв генерирующих мощностей и огромный потенциал в сфере зелёной энергетики позволяют развивать производство водорода в России самыми различными методами [7].

Помимо экспорта, в России также развивают свои водородные электростанции, и даже есть вероятность замены угля на ТЭЦ и ТЭС водородом. Но возможно ли это на самом деле? Например, каменный

уголь обладает теплотворной способностью 30,05 МДж/кг, в то время как водород- 120,7 МДж/кг. Можно сделать вывод что замена углеводородного топлива водородом вполне вероятна.



Рис. 1. Основные компоненты водородной энергетики

Что касается технологий производства водорода (см. рис. 1), то основной и самой дешевой технологией в России является паровая конверсия метана. Низкая цена на природный газ делает производство в России по этой технологии одним из самых дешевых в мире. Также, по прогнозам Всемирного банка, к 2030 г. цена природного газа возрастет на 50%, что повысит издержки на 20% [8]. Таким методом получают «голубой» водород, который среди всех видов водорода является самым дешевым.

Газификация угля обходится дороже, чем конверсия, так как технология использует сложную и дорогостоящую систему очистки полученного водорода. Таким методом получают «серый» водород.

«Жёлтый» и «зелёный» водород получают путём электролиза воды, однако, в случае с «жёлтым» водородом в качестве источника энергии используется атомная энергия, а в случае с «зелёным» – энергия, получаемая из возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

Если сравнивать данные три метода, то по стоимости самый дешевый метод — это конверсия. Однако если сравнивать температуры, то данный метод находится не на самом первом месте. Самая большая температура получается при газификации угля (1200-1400 К) (см. табл. 1).

Таблица 1 - Сравнительный анализ методов производства водорода.

Вид производства	Преимущества	Недостатки	Температура, К	Стоимость, тыс. долл./т.
Паровая конверсия	Дешевизна; Широко распространенный процесс.	Конечный продукт содержит примеси, требуется газоочистка	1100-1300	1,2-1,6
Газификация угля	Технология хорошо изучена для дешевых углеводородов.	Конечный продукт требует интенсивной очистки перед использованием.	1200-1400	2,0-2,4
Электролиз	Доступная технология: изученный промышленный процесс; Самый экологически чистый метод	Высокие энергозатраты; Высокая стоимость	350-1300	2,3-5,1

На данный момент в России уже существуют несколько программ по использованию водорода [8]. Например, «Газпром» уже реализует некоторые свои проекты по снижению выбросов в атмосферу:

1. реализуются два инновационных проекта по получению метано-водородного топлива в качестве топливного газа газоперекачивающих агрегатов на основе адиабатической конверсии метана - в Самаре и Уфе;

2. Ведется работа над созданием полностью безуглеродных технологий производства водорода из природного газа. В качестве перспективной рассматривается инновационная технология разложения природного газа в неравновесной низкотемпературной плазме на водород и углерод.

Также, компания «Росатом», до 2024 года построит полигон для железнодорожного транспорта на водороде.

У водородного топлива очень много плюсов, однако существуют и минусы. Из-за высокой «текучести», водород очень сложно транспортировать на большие расстояния, а также хранить водород в

больших объемах экономически невыгодно. Более того, водород - взрывоопасное вещество. Поэтому его лучше производить прямо на месте и хранить совсем маленькую часть, тем самым получается непрерывный цикл его производства и потребления. Ученые уже работают над этой проблемой, разрабатывая безопасные методы хранения.

Нашими учеными уже были придуманы несколько методов безопасного хранения вещества. Один из способов называется «интерметаллидное» хранение водорода, суть которого удерживать водород в своей структуре. Для данного метода уже изготовлены и испытаны интерметаллидные накопители (ИМН), доказавшие свою эффективность и надёжность. Для извлечения водорода из такого компактного хранилища потребителю останется просто его нагреть [9].

В заключение можно сказать, что водород - перспективная замена углеводородного топлива. Высокая теплопроводность вещества и бесконечные запасы являются его большими преимуществами. Однако, где есть плюсы там всегда будут минусы, а в данном случае, самая глобальная проблема- это транспортировка и хранение вещества.

Научный руководитель: ст. преподаватель А.С. Нефедов

Литература:

1. Водородная энергетика России и Европы. Режим доступа: <https://trends.rbc.ru/trends/green/5ef46e379a7947a89c25170d> . (Дата обращения: 10.04.2022)

2. Парижское соглашение. Режим доступа: <https://www.un.org/ru/climatechange/paris-agreement>. (Дата обращения: 30.03.2022)

3. Введение углеродного налога в мире. Режим доступа: <https://delprof.ru/press-center/open-analytics/vvedenie-uglerodnogo-naloga-v-mire-budushchee-rossiyskogo-eksporta-ne-zelenoy-produktsii/> . (Дата обращения: 10.04.2022)

4. Распоряжение правительства РФ о «ЭС-2035». Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/w4sigFOiDjGVDYT4IgsApssm6mZRb7wx.pdf> . (Дата обращения: 10.04.2022)

5. Нужна ли России водородная энергетика. Режим доступа : https://vk.com/away.php?to=https%3A%2F%2Frg.ru%2Famp%2F2020%2F12%2F03%2Freg-sibfo%2Fnuzhna-li-rossii-vodorodnaia-energetika.html&cc_key= . (Дата обращения 14.04.2022)

6. Отчет о функционировании ЕЭС России за период 2010-2021 гг. Режим доступа: <https://www.so-ups.ru/functioning/tech-disc/tech-disc-ups/> . (Дата обращения: 10.04.2022)

Д.А. Беленкова
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, ne.dassa@yandex.ru

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Для удовлетворения всей потребности планеты в энергии на один год необходимо всего лишь 90 минут солнечного излучения. В настоящее время ведутся разработки новых высокоэффективных технологий использования солнечной энергии, строятся солнечные станции, появляются новые инновационные продукты с применением солнечной энергии как основного источника питания [1].

Одним из главных моментов в становлении общества является его энерговооруженность, которая определяет экономический потенциал страны и уровень жизни ее граждан. Рост энерговооруженности происходит также на почве стремительного развития роботизации и автоматизации на производстве, что приводит к снижению ручного труда и повышению производительности. При этом рост потребления электрической и тепловой энергии за историю развития человечества увеличился более чем в 100 раз [2].

В настоящее время прогрессивная энергетика является топливной и почти на 90% базируется на использовании химических топлив на основе природных горючих ископаемых: нефти, газ и угля, запасы, которых, в конце концов, сведутся до минимума. Это определяет, с одной стороны, необходимость сбережения энергии и разработку эффективных способов добычи и переработки всех дешевых ресурсов топлив, а с другой — разведку новых источников энергии и получение на их основе синтетических топлив. Речь идет о синтезе с расходом энергии препаратов, которые возможно было бы применять в качестве комфортного для употребления искусственного вещества горючего.

Энергетика Солнца более экономична, чем у других видов энергетик. При этом большой рост потребности в материале происходит благодаря масштабному использованию солнечной энергии и ее применению для добычи сырья или его обогащения, выработки материалов, изготовления гелиостатов, коллекторов [3].

Выбор наиболее подходящей солнечной технологии зависит от таких факторов как эффективность, экономичность или надежность. В настоящее время наблюдается рост потребности в увеличении производства электроэнергии за счет строительства новых электростанций, так как спрос постоянно растет. Сейчас многие правительства и организации по всему миру принимают участие в

финансировании использования возобновляемых источников электроэнергии, таких, как энергия ветра и солнечного света, в энергетических системах [4].

Как правило, развитие солнечной энергетики связано с развитием научно-производственной базы в рамках сырьевых материалов, которые добываются для обеспечения энергетики Солнца.

Крупным потребителем энергии является Россия, для которой актуальна разработка собственного энергетического комплекса, а также получение продукта. В России наблюдается снижение эффективности развития промышленности электроснабжения Солнца, вследствие расположения страны в северной области, где солнечная радиация ниже 900-1000 кВт/м². Благодаря электростанциям частных инфраструктур развитие солнечной энергетики в Российской Федерации со временем будет расти [5].

Финансовая эффективность стоит на первом месте при строительстве солнечных электростанций, ведь в основном потребители, которые пользуются дешевой энергией на базе ископаемого топлива, находятся на северной части страны. На данный момент рост систем частного энергообеспечения, которое продается в центральную часть, получается наиболее экономичным.

Обычные электростанции превышают среднегодовую электрическую мощность на 2-3 порядка, чем солнечная электростанция (СЭС). Также себестоимость традиционных промышленных горючих гораздо ниже, чем энергия, вырабатываемая на СЭС, что заставит Россию увеличивать вложения денежных средств в проекты [6].

Таким образом, следует предусмотреть развитие экономичных технологических процессов для снижения энергопотребления, за счет бережного потребления энергетических ресурсов, а также путем создания и совершенствования энергосберегающих технологий.

Научный руководитель: к.т.н., доц. А.Е. Кондратьев

Литература:

1. Алимкулова, С. Р. Способ решения проблем энергосбережения в системе теплоснабжения / С. Р. Алимкулова // Научному прогрессу – творчество молодых. – 2019. – № 2. – С. 73-74.

2. Анастасьева, Д. А. Перспектива использования солнечной энергетики для получения тепловой энергии / Д. А. Анастасьева // Научному прогрессу – творчество молодых. – 2017. – № 2. – С. 96-98.

3. Камаева, Г. Р. Применение солнечных коллекторов для теплоснабжения и горячего водоснабжения жилого помещения / Г. Р.

Камаева // Научному прогрессу – творчество молодых. – 2017. – № 2. – С. 146-147.

4. Курицына, К. С. Ветер как альтернативный источник энергии / К. С. Курицына // Научному прогрессу - творчество молодых: Материалы X международной молодежной научной конференции по естественнонаучным и техническим дисциплинам: в 2 частях, Йошкар-Ола, 17–18 апреля 2015 года. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2015. – С. 256-257.

5. Калинина, М. В. Проблемы эксплуатации солнечного коллектора для систем отопления и горячего водоснабжения индивидуального жилого дома в Республике Татарстан / М. В. Калинина // Тинчуринские чтения: Тезисы докладов XIII молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 24–27 апреля 2018 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазина. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2018. – С. 181-182.

6. Фаритова, А. А. Использование солнечных коллекторов в Республике Татарстан / А. А. Фаритова // Научному прогрессу – творчество молодых. – 2018. – № 2. – С. 147-149.

И.Д. Якупова

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»

г. Казань, 26764@mail.ru

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ МАЛОЭТАЖНОЙ ЗАСТРОЙКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕПЛОВОГО НАСОСА

В настоящее время все большее распространение получают различные виды альтернативной энергетики. Особое место занимает вопрос систем теплоснабжения индивидуальных жилых домов. В условиях активного развития строительства малоэтажного индивидуального жилья при невозможности или недостаточной сложности подведения природного газа необходим поиск альтернативных схем организации системы теплоснабжения. Одним из возможных вариантов является совместное использование теплового насоса для получения тепловой энергии в совокупности с ветрогенератором для получения электрической энергии.

Опыт использования теплонасосных установок (ТНУ) в России невелик, однако есть хорошие перспективы для их внедрения с учетом значительного роста цен на топливо и дальнейшего развития малоэтажного строительства [1].

Известно, что эффективность использования ТНУ для автономного отопления и горячего водоснабжения объектов малоэтажной застройки

по сравнению с традиционными системами автономного теплоснабжения - индивидуальными газовыми и электрическими котлами достаточно дорогостояще [2]. Вместе с этим применение теплонасосной установки наиболее актуально при отсутствии централизованного электро- и газоснабжения, так как возникает необходимость в автономном электрогенераторе, питающем тепловую установку. Для этого можно использовать нетрадиционные источники энергии, например, ветрогенератор. В период отопительного сезона ветрогенератор будет покрывать электрические нужды теплонасосной установки, а летом может применяться для питания бытовых электроприборов [3].

Таким образом, постоянно растущая цена на электроэнергию и другое энергетическое сырье делает ветроэлектрическую установку обычным оборудованием для снабжения электричеством [4].

Предлагается разработка автономной системы отопления малоэтажного жилого дома, способной вырабатывать до 80% энергии. Тепловой насос и ветрогенератор, работая совместно, могут практически без участия человека управлять процессом теплоснабжения. Необходимо также отметить, что это наиболее применимо для малоэтажных строений, для многоквартирных домов оптимальным является применение индивидуальных тепловых пунктов [5].

Основными энергетическими элементами системами отопления малоэтажного здания являются тепловой насос и ветрогенератор [6]. Разработка реализована по системе «Умный дом», где все процессы автоматизированы. Работа установки заключается в следующем: ветроагрегат вырабатывает электроэнергию напряжением 12 В постоянного тока, которая преобразуется инвертором в 220 В переменного тока [7]. Также он должен иметь резервный вход от централизованной электросети, который будет подключаться с помощью реле, когда аккумуляторы будут разряжены. Тепловой насос подключен к индивидуальному блоку электропитания. Предполагается, что 70-80 % необходимой ТНУ электроэнергии будет покрываться от ветроагрегата [8].

Научный руководитель: к.т.н., доц. А.Е. Кондратьев

Литература:

1. Акбуляков, А. Т. Автономная система теплоснабжения жилого дома / А. Т. Акбуляков // Научному прогрессу – творчество молодых. – 2020. – № 2. – С. 5-6.

2. Гатауллина, И. М. Использование тепловых насосов в системах теплоснабжения зданий / И. М. Гатауллина // Научному прогрессу – творчество молодых. – 2018. – № 2. – С. 71-74.

3. Шарафисламова, Э. А. Совместная работа теплового насоса с ветрогенератором малой мощности / Э. А. Шарафисламова, А. Е. Кондратьев // Научному прогрессу – творчество молодых. – 2016. – № 2. – С. 256-258.

4. Курицына, К. С. Ветер как альтернативный источник энергии / К. С. Курицына // Научному прогрессу - творчество молодых: Материалы X международной молодежной научной конференции по естественнонаучным и техническим дисциплинам: в 2 частях, Йошкар-Ола, 17–18 апреля 2015 года. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2015. – С. 256-257.

5. Сабирова, Л. Р. Особенности применения индивидуальных тепловых пунктов в городе / Л. Р. Сабирова // Тинчуринские чтения: Тезисы докладов XIII молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 24–27 апреля 2018 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2018. – С. 203-205.

Л.Д. Анпилов

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»
г. Казань, lev.anpilov.03@mail.ru*

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ

Солнечный коллектор – это оборудование, которое используют в качестве альтернативного источника энергии. Он собирает тепловую энергию солнечного излучения, переносимую ближним инфракрасным излучением и видимым спектром. В отличие от солнечных батарей здесь производится нагревание материала - теплоносителя. Существуют следующие типы солнечных коллекторов [1]:

1) Плоские – самый простой и дешёвый. Располагается в металлическом корпусе, обработанном перьевым абсорбером и предназначен для поглощения тепла с помощью медных трубок, по которым циркулирует теплоноситель. После этого это тепло передаётся воде, которая должна отапливать дом. Из-за своей простоты солнечный коллектор можно сделать своими руками.

2) Вакуумные – это панель работает по-другому, так как её панель состоит из двойных трубок. Конструктивно наружная трубка, изготовленная из высокопрочного стекла, предназначена для изоляции

от внешнего воздействия, при этом внутренняя трубка, имеющая меньший диаметр и покрытая абсорбером, аккумулирует солнечную тепловую энергию. Полученное тепло через теплосъёмники, изготовленные из меди, с помощью теплоносителя передается в аккумулирующий бак. В пространстве между трубками находится вакуум, поэтому теплопотери сводятся к нулю, следствием этого является повышение эффективности системы [2].

Виды тепло съёмных элементов:

- перьевой абсорбер с прямоточным тепловым каналом;
- перьевой абсорбер с тепловой трубкой “*heat pipe*”;
- U-образный прямоточный вакуумный коллектор с коаксиальной колбой и отражателем;
- система с коаксиальной колбой и тепловой трубкой «*heat pipe*».

Принцип работы вакуумной трубки прост, панели аккумулируют солнечное тепло и передают их теплоносителю. Теплоноситель циркулирует через змеевик в резервуаре и отдаёт тепло воде. Всё контролируется контролёром, который запускает насосную группу, если набирается достаточная температура [3].

Система состоит из следующих элементов:

- 1) контроллер управления (включая датчики);
- 2) сами панели в необходимом количестве;
- 3) насосная группа;
- 4) накопительная емкость;
- 5) трубы, фитинги, монтажные элементы [4].

Достоинства плоских коллекторов: низкая стоимость и несложная конструкция, недостатки: низкий КПД, примерно на 20% ниже вакуумных и большое количество тепловых потерь.

Достоинствами вакуумных коллекторов являются: высокая энергоэффективность, тепловые потери минимальны, ремонт заключается в замене вакуумных трубок, недостатки: более высокая цена относительно плоских, невозможность ремонта самих трубок.

Таким образом с помощью гелиоустановок можно обеспечивать дома тепловой энергией, используя неограниченные источники солнечного излучения, что позволит решить проблему теплоснабжения в условиях отсутствия традиционных источников тепла. Необходимо отметить, что эффективность использования солнечной энергии можно комбинировать с тепловыми насосами [5].

Научный руководитель: к.т.н., доцент А.Е. Кондратьев

Литература:

1. Макуева, Д. А. Плоские и вакуумные солнечные коллекторы в системе теплоснабжения / Д. А. Макуева // Тинчуринские чтения - 2021 "Энергетика и цифровая трансформация": Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 28–30 апреля 2021 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: Общество с ограниченной ответственностью Полиграфическая компания "Астор и Я", 2021. – С. 137-139.

2. Калинина, М. В. Проблемы эксплуатации солнечного коллектора для систем отопления и горячего водоснабжения индивидуального жилого дома в Республике Татарстан / М. В. Калинина // Тинчуринские чтения: Тезисы докладов XIII молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 24–27 апреля 2018 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2018. – С. 181-182.

3. Камаева, Г. Р. Применение солнечных коллекторов для теплоснабжения и горячего водоснабжения жилого помещения / Г. Р. Камаева // Научному прогрессу – творчество молодых. – 2017. – № 2. – С. 146-147.

4. Гилязова, Г. Р. Перспектива развития солнечной энергетики в России и мире / Г. Р. Гилязова // Тинчуринские чтения - 2020 "Энергетика и цифровая трансформация": Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 28–29 апреля 2020 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2020. – С. 85-87.

5. Гатауллина, И. М. Построение системы теплоснабжения на основе теплового насоса / И. М. Гатауллина // Тинчуринские чтения: Тезисы докладов XIII молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 24–27 апреля 2018 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2018. – С. 160-162.

И.М. Гатауллина

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»

г. Казань, ttolin@inbox.ru

ПРИМЕНЕНИЕ БЛОЧНО-МОДУЛЬНОГО ИНДИВИДУАЛЬНОГО ТЕПЛООВОГО ПУНКТА

Блочно-модульный индивидуальный тепловой пункт (БИТП) предназначен для построения системы отопления на основе передачи тепловой энергии от внешней сети теплоносителю конкретного потребителя.

Индивидуальный тепловой пункт используется как во вновь строящихся объектах, так и объектах, реконструированных в ходе капитального ремонта. Важным также является и то, что ИТП подключаются к тепловым сетям в достаточно короткие сроки, так как не требуется реконструкция тепловой сети [1]. Кроме этого, в состав БИТП входит система автоматического регулирования, осуществляющая регулирование температуры теплоносителя с учетом погоды, устанавливать режим работы в зависимости от времени суток, а также регулировать температуру с учетом наличия потребителей в выходные и праздничные дни [2].

Современный БИТП снабжается комплексом аппаратных средств дистанционной передачи данных посредством GSM-связи или сети Интернет. База данных выводится на единый диспетчерский пункт информации с узла учета и контроллера отопления и горячего водоснабжения. На мониторе диспетчера комплексные данные работы теплового пункта отображаются в виде мнемосхемы с температурными параметрами [3].

Блочные ИТП обладают целым рядом достоинств:

- конструкция имеет достаточно компактную компоновку;
- проектирование, разработка, монтаж и пуско-наладочные работы не требуют значительных временных затрат;
- значительное удешевление стоимости обслуживания, ремонта и проведение профилактических работ;
- дистанционное управление и контроль режимами потребления тепла;
- блоки отопления, горячего водоснабжения и учета имеют автономность работы;
- средства учета и автоматики имеют аппаратное разделение;
- доступность элементов ИТП значительно облегчает проведение текущего обслуживания и ремонта [4].

В настоящее время становится целесообразным применять и различные возобновляемые источники энергии, в частности, особый интерес представляют солнечные коллекторы. В солнечную погоду с их помощью можно получить до 10% тепловой энергии [5].

Применение БИТП в системах теплоснабжения позволяет сократить занимаемый строительный объем помещения для размещения теплового пункта, кроме того, 2 раза уменьшить протяженность трубопроводов, таким образом на 20-25% снизить капитальные затраты на строительство оборудования и теплоизоляционные материалы. При этом расход электроэнергии по сравнению с энергоемким оборудованием ЦТП уменьшается за счет оптимизации системы учета энергоресурсов. Современные БИТП полностью автоматизированы, что приводит к снижению эксплуатационных затрат на 40% [6].

Таким образом, использование БИТП с автоматическим регулированием приводит к значительному снижению потребления тепловой энергии, в результате чего срок окупаемости оборудования составляет 1-2 года, а временные затраты на монтаж тепловых пунктов сокращаются в 4-5 раз за счет использования блоков заводской готовности [7].

Научный руководитель: к.т.н., доцент А.Е. Кондратьев

Литература:

1. Горбунов, К. Г. Проект перехода на индивидуальные тепловые пункты в сфере теплоснабжения / К. Г. Горбунов // Инженерные кадры - будущее инновационной экономики России. – 2019. – № 1. – С. 43-45.

2. Сабирова, Л. Р. Применение нейронных сетей для автоматизации индивидуальных тепловых пунктов / Л. Р. Сабирова // Тинчуринские чтения - 2020 "Энергетика и цифровая трансформация": Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 28–29 апреля 2020 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2020. – С. 132-134.

3. Сабирова, Л. Р. Особенности применения индивидуальных тепловых пунктов в городе / Л. Р. Сабирова // Тинчуринские чтения: Тезисы докладов XIII молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 24–27 апреля 2018 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2018. – С. 203-205.

4. Калинина, М. В. Проблемы эксплуатации солнечного коллектора для систем отопления и горячего водоснабжения индивидуального

жилого дома в Республике Татарстан / М. В. Калинина // Тинчуриные чтения: Тезисы докладов XIII молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 24–27 апреля 2018 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2018. – С. 181-182.

5. Алимкулова, С. Р. Схемы подключения индивидуального теплового пункта к тепловой сети / С. Р. Алимкулова, А. Е. Кондратьев // Молодежная наука в XXI веке: традиции, инновации, векторы развития: материалы Международной научно-исследовательской конференции молодых ученых, аспирантов, студентов и старшеклассников, Самара-Оренбург, 05 апреля 2018 года. – Самара-Оренбург: Общество с ограниченной ответственностью "Аэтерна", 2018. – С. 158-159.

6. Горбунов, К. Г. Внедрение индивидуальных тепловых пунктов в теплоэнергетике / К. Г. Горбунов // Тинчуриные чтения - 2020 "Энергетика и цифровая трансформация": Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 28–29 апреля 2020 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2020. – С. 88-90.

7. Алимкулова, С. Р. Способ решения проблем энергосбережения в системе теплоснабжения / С. Р. Алимкулова // Научному прогрессу – творчество молодых. – 2019. – № 2. – С. 73-74.

П.Е. Глухова

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»
г. Казань, she_is_pauline@mail.ru*

ТЕПЛОВОЙ НАСОС КАК ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЙ ИСТОЧНИК ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Прогрессирующее загрязнение окружающей среды различными вредными веществами, нерациональное природопользование не возобновляемыми источниками энергии определяет низкую эффективность хозяйственного комплекса. Представленные проблемы касаются отрасли теплоснабжения, на которую приходится большая часть всех затрат топлива. Доступным решением повышения эффективности систем отопления является использование экологически безопасных методов, одним из которых является тепловой насос с источниками низкопотенциальной теплоты [1, с. 73].

Тепловой насос – это прибор, позволяющий перенести теплоту от более холодного энергоносителя к более горячему. Для того, чтобы

данное устройство работало, ему необходим внешний источник для выработки тепловой энергии. Таким источником может стать сама природа, т. е. сила ветра, воды или накопленная солнечная и геотермальная активность.

Одна из особенностей теплового насоса — это то, что количество тепловой энергии, проходящей через нагревательный элемент, которое доходит до потребителя в разы больше, чем количество энергии, затрачиваемой на этот процесс. Поэтому с использованием теплового насоса можно предоставить потребителю тепло с меньшими затратами. Компрессор, тепловой расширительный клапан, конденсатор, испаритель – преимущественное строение теплового насоса. Используя активность природы, тепловая машина преобразовывает её в тепловую с помощью хладагента. [2, с. 181].

Холодильный агент (хладагент) – это вещество, переходящее из жидкого состояния в газообразное, закипающее при низкой температуре 48,5 градусов по Цельсию. Хладагент далее движется по трубопроводу, проходя два контура, после увеличения температуры и сдвигания компрессором, принимает агрегатное состояние.

Рассмотрим одну из классификаций тепловых насосов – по источникам низкопотенциальной теплоты, в качестве которых выступают: подземные воды, грунт, наружный воздух [3, с. 256].

Источники низкопотенциальной теплоты имеют искусственное и естественное происхождение. Искусственные источники – промышленные сбросы, бытовые тепловыделения. Естественные источники – водные ресурсы, солнечная энергия.

Тепло, которое заключается в воздухе, может применяться в тепловом насосе («воздух-воздух»). Наружный воздух является особенно желанным источником низкопотенциального тепла. Именно в воздушном тепловом насосе воздух проходит ряд состояний. Сначала воздух продувается через испаритель, а затем холодильный агент своё тепло передаёт воде, проходя при этом конденсатор. Это тепло и используется для отопления, а в летний период он может служить кондиционированием помещения. Производительность воздушного теплового насоса является пониженной - при изменении температуры в больших размерах, но он является экологичным.

Тепловые машины, которые используют воду в качестве рабочего вещества функционируют по принципу Карно («вода-вода»). При использовании тепла воды трубопроводы укладываются на дно водоёма и притапливаются грузами. Он сможет обеспечить потребителя тепловой энергией в течение всего года. Водные тепловые насосы делятся на два типа: закрытые и открытые.

Открытый вид теплового насоса чаще всего используется и его обеспечение является более экономичным. Его особенность заключается в том, что вода, поступающая из водоёмов, сразу же идёт в испаритель. Но из-за загрязнённости водоёмов данный тип тепловой машины сталкивается с множеством проблем. В реальных условиях этот фактор может послужить источником загрязнения теплообменников, что в свою очередь уменьшит производительность водного насоса.

Закрытый тип водного насоса более экологичен и требует минимальных земляных работ для его установки. Данный тепловой насос будет эффективно работать, только если поблизости есть незамерзающий водоём [4, с. 104].

Земля также может использоваться как источник для работы теплового насоса («земля-вода»). Данный тип насоса можно охарактеризовать по двум видам теплообменников: горизонтальный, вертикальный. Для его работы используют коллектор.

Коллектор – это замкнутый контур, состоящий из труб, по которому холодильный агент движется под действием насоса. Именно коллектор забирает тепло посредством уложенного горизонтально грунтового теплообменника. Так же и работают горизонтальные геотермальные машины.

В вертикальном геотермальном тепловом насосе теплообменник имеет вид U – образного колена, который вертикально погружен в скважину. В этом механизме антифриз циркулирует по трубам, предоставляя теплоу земли с глубины. Именно такую систему можно компактно и быстро установить.

Таким образом, тепловые насосы наиболее востребованы, когда речь идёт о экологически чистом отоплении и низких расходах, поскольку энергию, которую использует тепловой насос, обеспечивает окружающая среда. Получается замкнутая система отопления, для функционирования которой требуется малая часть электроэнергии. Тепловой насос функционирует независимо от ископаемого топлива и активно способствует сокращению выбросов углекислого газа [5, с. 86].

Научный руководитель: к.т.н., доцент А.Е. Кондратьев

Литература:

1. Алимкулова, С. Р. Способ решения проблем энергосбережения в системе теплоснабжения / С. Р. Алимкулова // Научному прогрессу – творчество молодых. – 2019. – № 2. – С. 73-74.
2. Калинина, М. В. Проблемы эксплуатации солнечного коллектора для систем отопления и горячего водоснабжения индивидуального

жилого дома в Республике Татарстан / М. В. Калинина // Тинчуринские чтения: Тезисы докладов XIII молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 24–27 апреля 2018 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2018. – С. 181-182.

3. Курицына, К. С. Ветер как альтернативный источник энергии / К. С. Курицына // Научному прогрессу - творчество молодых: Материалы X международной молодежной научной конференции по естественнонаучным и техническим дисциплинам: в 2 частях, Йошкар-Ола, 17–18 апреля 2015 года. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2015. – С. 256-257.

4. Гатауллина, И. М. Технология устройства снегоплавильных станций на основе применения тепла сточных вод / И. М. Гатауллина // Тинчуринские чтения: Материалы XIV Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 23 апреля – 26 2019 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2019. – С. 104-107.

5. Исмаилова, Г. М. Геотермальная энергетика и ее перспективы использования в России и зарубежом / Г. М. Исмаилова, А. Е. Кондратьев // В мире науки и инноваций: сборник статей международной научно-практической конференции: в 8 частях, Пермь, 25 декабря 2016 года. – Пермь: Общество с ограниченной ответственностью "Аэтерна", 2016. – С. 86-88.

И.М. Гатауллина

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»
г. Казань, ttolin@inbox.ru*

СНЕГОПЛАВИЛЬНАЯ СТАНЦИЯ НА ОСНОВЕ ТЕПЛООВОГО НАСОСА

Тепловой насос – это устройство, в котором происходит преобразование тепловой энергии от источника низкопотенциальной теплоты в теплоноситель с высокой температурой [1]. Тепловые насосы предназначены для сбора тепловой энергии, ее увеличения и передачи непосредственному потребителю. Источником тепловой энергии для теплового насоса может быть любой источник теплоты – тело или среда с температурой от +1° и более градусов. В этом случае получаемая полезная тепловая энергия определяется суммой тепловых энергий низкого и высокого потенциала, которая обуславливает энергетическую эффективность тепловых насосов [2].

В настоящее время в системе ЖКХ широко распространено применение индивидуальных тепловых пунктов [3]. Тем не менее широко рассматриваются вопросы применения в системах теплоснабжения тепловых насосов [4].

Несмотря на явные преимущества построения таких систем теплоснабжения, применение тепловых насосов возможно в других отраслях народного хозяйства [5].

Климатические условия Российской Федерации определяются преимущественно длительным и достаточно снежным холодным периодом, поэтому одной из главных проблем крупных городов является утилизация снежной массы. Такая проблема также свойственна для средних и малых городов, хотя и в меньшей степени.

Основным способом утилизации убранный снежной массы является складирование ее в специально подготовленных местах, что частично решает эту проблему, однако, необходимость организации перевозки убранный снега является очень затратной. Кроме этого, необходимо отметить, что весеннее таяние уличного снега естественным образом значительно ухудшает экологическую обстановку и способствует подтоплению окружающих земель.

В настоящее время проблема решается применением снегоплавильных установок, которые позволяют перерабатывать снежные массивы постепенно в течении холодного периода.

В любом городе есть система отвода сточных вод, температура которых даже в самое холодное время не опускается ниже 10°C . Именно эту теплоту можно использовать в качестве низкопотенциальной тепловой энергии для работы теплового насоса, т.е. с помощью этой теплоты растопить снег [6].

Таки образом предлагается создание мобильной снегоплавильной станции с тепловым насосом на сточных водах, что позволит утилизировать снежную массу на территории города, где возможен оперативный доступ к сточным водам.

Предлагаемая конструкция мобильной снегоплавильной станции с применением теплового насоса для получения тепловой энергии работает следующим образом.

Снежная масса с городских улиц собирается и загружается в специальную машину с установленным тепловым насосом. Тепловой насос вырабатывает тепловую энергию из тепла сточных вод, с помощью которой происходит таяние собранной снежной массы прямо в кузове машины. После этого полученную воду можно слить в сточную систему, но предварительно профильтровав ее во избежание засорения сточных коммуникаций. Если утилизированная снежная масса засорена

не только механическим мусором, но и различными реагентами, полученную талую воду можно откачивать в специальную цистерну с последующей утилизацией. Электрическую энергию для работы теплового насоса можно получать при работе двигателя машины, либо от автономного генератора.

Реализованная в проекте снегоплавильная станция обладает следующими преимуществами:

1. Применение теплового насоса значительно улучшает экологическую обстановку.

2. Сточная вода для нагрева теплового насоса заменяет сжигание любого топлива (дизельного или газа) при подогреве снежной массы, что существенно сокращает затраты на утилизацию снежной массы.

3. Применение защитной решетки в качестве грубого фильтра исключает затраты на очистку снежной массы.

4. Применимый фильтр делает возможным повторное применение отфильтрованного песка и воды

5. В теплое время года такую установку можно использовать для нагрева и очистки технической воды для производства [7].

В итоге применение мобильной снегоплавильной станции приведет к значительному экономическому эффекту за счет уменьшения прогона грузового автотранспорта, вывозящего снежную массу, и исключает попадание химических реагентов и различного мусора в сточные воды, что приводит к улучшению экологической обстановки. Кроме этого, уменьшение прогона грузового транспорта позволит улучшить загрузку автомобильных дорог.

Научный руководитель: к.т.н., доц. А.Е. Кондратьев

Литература:

1. Даутов, Р. Р. Перспективы применения тепловых насосов / Р. Р. Даутов // Инженерные кадры - будущее инновационной экономики России. – 2020. – № 5. – С. 107-108.

2. Гатаулина, И. М. Использование тепловых насосов в системах теплоснабжения зданий / И. М. Гатаулина // Научному прогрессу – творчество молодых. – 2018. – № 2. – С. 71-74.

3. Сабирова, Л. Р. Особенности применения индивидуальных тепловых пунктов в городе / Л. Р. Сабирова // Тинчуринские чтения: Тезисы докладов XIII молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 24–27 апреля 2018 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2018. – С. 203-205.

4. Гатауллина, И. М. Построение системы теплоснабжения на основе теплового насоса / И. М. Гатауллина // Тинчуринские чтения: Тезисы докладов XIII молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 24–27 апреля 2018 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2018. – С. 160-162.

5. Гатауллина, И. М. Технология устройства снегоплавильных станций на основе применения тепла сточных вод / И. М. Гатауллина // Тинчуринские чтения: Материалы XIV Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 23 апреля – 26 2019 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2019. – С. 104-107.

6. Гатауллина, И. М. Применение теплового насоса со снегоплавильной установкой / И. М. Гатауллина, А. Е. Кондратьев // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: Материалы VI Национальной научно-практической конференции. В двух томах, Казань, 10–11 декабря 2020 года. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2020. – С. 407-409.

7. Гатауллина, И. М. Применение теплового насоса для утилизации снежной массы в городских условиях / И. М. Гатауллина, А. Е. Кондратьев // Тинчуринские чтения - 2020 "Энергетика и цифровая трансформация": Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 28–29 апреля 2020 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2020. – С. 82-85.

А.А. Носиков¹, В.П. Федяев²

ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»¹,

МБОУ «Лицей №1»²

г. Братск, logos-69@mail.ru¹, foxee.raud@mail.ru²

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ

Существует тесная взаимосвязь между ростом производства энергии и загрязнением окружающей среды. Основная доля энергии вырабатывается при сжигании органического топлива. При сжигании различных видов топлива в атмосферу с отходящими газами попадают вредные вещества, такие как оксид углерода, диоксид серы, оксиды азота, полициклические ароматические углеводороды, пылевые выбросы. Существующие методы очистки не могут полностью избавить от негативных последствий выбросов. Выбросы в атмосферу продуктов

сгорания приводят не только к прямому токсическому и канцерогенному воздействию на организмы живых существ, но и к глобальным экологическим проблемам: парниковому эффекту, разрушению озонового слоя атмосферы, кислотным осадкам. Наибольшую озабоченность вызывает то, что накопление углекислого газа и других многоатомных газов (метана, диоксида азота) в атмосфере приводит к возникновению парникового эффекта и глобальному потеплению климата с возможными катастрофическими последствиями. Выбросы углекислого газа выросли более чем 3 раза по сравнению с уровнем 1950 г. и ежегодно увеличиваются.

Одновременно с загрязнением воздушной среды происходит загрязнение гидросферы. На долю ТЭК приходится 45% общего водопотребления России и 27% сброса загрязненных сточных вод в поверхностные водоемы.

При этом электрические станции сбрасывают примерно 1 млрд м³ химически загрязненной воды ежегодно.

Энергетика - главный источник теплового загрязнения окружающей среды. В зависимости от тепловой электростанции и от того, осуществляется ли на ней комбинированная выработка тепловой и электрической энергии, количество теплоты, поступающей в окружающую среду, составляет 10 - 70% теплоты, полученной при сжигании топлива. При работе котельных установок этот показатель составляет 10 - 30%. Эта теплота выбрасывается в атмосферу с отходящими газами и влажным воздухом, уходящим из градирен, или отводится в искусственные или естественные водоемы. Повышение температуры воды в водоемах является причиной снижения растворимости кислорода, что затрудняет жизнедеятельность флоры и фауны. Если в глобальном смысле доля этой теплоты на настоящий момент невелика по сравнению с поступающей на землю солнечной радиацией (в 2000г. она составляла лишь 0,02%), то локальные тепловые загрязнения в крупных городах могут составлять десятки ватт на квадратный метр т.е. несколько процентов от наступающего потока солнечного излучения. Это приводит к локальным изменениям климата.

Значительный вред окружающей среде наносится не только при сжигании топлива (таблица 1), но и при его добыче, переработки, транспортировке, хранении. Происходит отчуждение территорий под угольные терриконы, золоотвалы, газо- и нефтепроводы, захоронения радиоактивных отходов.

Таблица 1- Удельные выбросы продуктов сгорания при факельном сжигании органического топлива в энергетических котлах

Выбросы и низшая теплота сгорания	Топливо		
	Газ, г/м ³	Мазут, кг/т	Уголь, кг/т
SO _x (SO ₂)	0,006-0,01	21SP	17-19SP
NO _x (NO ₂)	5-11	5-14	4-14
CO	0,002-0,005	0,005 – 0,05	0,10-0,45
Углеводороды	0,016	0,1	0,45-1,0
H ₂ O (пар)	1000	700	230-360
CO ₂	2000	3000	2200-3000
Твердые частицы	-	10AP	10AP
Q _н , МДж/кг	32-35	38-40	15-25

Кроме постоянного ("планируемого") загрязнения все чаще происходят чрезвычайные случаи, такие как разливы нефти при авариях танкеров, разрывов нефтепроводов, утечки газов из емкостей, самовозгорание запасов угля и др. Так, в результате аварий в моря и океаны ежегодно поступают десятки тысяч тонн нефти. Атомная энергетика связана с опасностью аварий на АЭС, на предприятиях по обогащению ядерного топлива.

Возобновляемые и нетрадиционные источники энергии - гидроэнергетика, биомасса, ветроэнергетические и солнечные энергетические установки оказывают во много раз меньшую нагрузку на окружающую среду, но и их нельзя считать полностью экологически безопасными. Так строительство крупных гидроэлектростанций может приводить к выводу ценных земель из хозяйственного оборота, ухудшению условий для рыбоводства, вызвать нежелательные региональные изменения климата. Существуют данные, что ветроэнергетические установки создают инфразвуковые колебания, пагубно влияющие на птиц и животных.

Энергосбережение дает возможность сократить выбросы вредных веществ и тепловое загрязнение. Количество выбрасываемых в атмосферу вредных веществ зависит от организации процесса горения, качества очистных сооружений и вида сжигаемого топлива.

Научный руководитель: к.т.н., доцент В.Н. Федяева

Литература:

1. Федяев А.А., Калинин Н.В., Данилов О.Л. Технологические энергосистемы предприятий. Расчет систем производства и

распределения газообразных энергоносителей: Учебное пособие. - Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2005. -104с.;

2. Сибикин, М. Ю. Технология энергосбережения: учебник:/ М. Ю. Сибикин, Ю. Д. Сибикин. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2014. – 352 с.

3. Лисиенко В.Г. Хрестоматия энергосбережения: справ. Издание; в 2 кн./ В.Г. Лисиенко, Я.М. Щелоков, М.Г. Ладыгичев. –М.: Теплоэнергетик, 2002.

4. Тепломассообменное оборудование предприятий. Вторичные энергоресурсы: Учебно методическое пособие/ О.Л. Днилов, В.Н. Федяева – Братск ГОУ ВПО «БрГУ», 2005.

5. Данилов Н.И. Энциклопедия энергосбережения/ Н.И. Данилов, Я. М. Щелоков. Екатеринбург: Сократ, 2004.

И.Н. Киреева, М.И. Погодаев

*ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»
г. Братск, bochkareva1201@gmail.com*

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОЧИХ АГЕНТОВ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЫ

Самые различные виды холодильного оборудования давно стали чем-то настолько привычным для нас, что мы не представляем свою жизнь без них. Прогресс не стоит на месте и на перечисление всего известного холодильного оборудования понадобится немало времени.

В настоящее время парокомпрессионные холодильные машины являются наиболее распространенными в быту и промышленности холодильными машинами. Более 90% всего искусственного холода вырабатывается машинами именно этого типа. Тепловой поток, отбираемый от охлаждаемого объекта (холодопроизводительность машины), воспринимается рабочим телом (холодильным агентом), кипящим в специальном аппарате - испарителе. Высокие энергетические и хорошие массогабаритные показатели парокомпрессионных холодильных машин в значительной мере обеспечиваются большими значениями теплоты парообразования применяемых холодильных агентов.

Для того чтобы процесс кипения холодильного агента в испарителе был непрерывным, необходимо чтобы агент совершал в холодильной машине замкнутую последовательность процессов - обратный термодинамический цикл, который применительно к холодильным машинам, называется холодильным циклом. При этом

холодопроизводящий процесс - кипение холодильного агента, является одним из процессов холодильного цикла.

Холодильные агенты (хладагенты) – рабочее вещество холодильной машины, которое при кипении и в процессе изотермического расширения отнимает теплоту от охлаждаемого объекта и затем после сжатия отдает ее охлаждающей среде за счет конденсации.

Наиболее распространёнными хладагентами являются фреоны. Фреоны - название группы фторсодержащих производных насыщенных углеводородов. Они находят широкое применение в маленьких и средних по мощности холодильных установках. Большинство из них производится химической промышленностью, на данный момент известно более 40 различных однокомпонентных фреонов и сотни смесевых фреонов.

В 80-х годах случился переломный момент для фреонов и всей холодильной промышленности. Ученые стали активно изучать причины разрушения озонового слоя и пришли к выводу, что фреоны наносят ощутимый ущерб. Недостаток безопасных для экологии хладагентов и вводимые ограничения приводят к неизбежному росту цен. В конце марта 2021 г. цена на популярные фреоны в России резко возросла в моменте до 12 000 рублей за баллон, но в дальнейшем скорректировалась до уровней 8000-90000 рублей.

Причиной резкого роста цен послужил установленный с 18 апреля 2021 г. разрешительный порядок ввоза хладагентов группы ГФУ на территорию Евразийского Экономического Союза. После установления разрешительного порядка организация импортер может ввезти фреон только при наличии лицензии Минпромторга, которая оформляется на основании разрешительного документа (заключения) выдаваемого Росприроднадзором.

Аналогичный вектор на хладагенты с низким GWP демонстрируют вступившие в силу с 1 июля 2021 г. СП 60.13330.2020 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха», которые теперь содержат следующие требования: в системах холодоснабжения следует использовать холодильные машины и установки, работающие на экологически безопасных хладагентах с нулевой озоноразрушающей способностью и потенциалом глобального потепления не выше 2500.

Потенциал глобального потепления (GWP) был разработан для того, чтобы можно было сравнивать воздействие различных газов на глобальное потепление. В частности, это мера того, сколько энергии будет поглощено за определенный период времени выбросами 1 тонны газа по отношению к выбросам 1 тонны углекислого газа (CO₂). Чем

больше GWP, тем больше данный газ нагревает Землю по сравнению с CO₂ за определенный период времени. Период времени, обычно используемый для GWP, составляет 100 лет (также 20 лет и 500 лет).

Поиск низкокипящих, озонобезопасных рабочих веществ в холодильной технике вызвало появление переходных хладагентов, которые представляют собой бинарные, тройные и даже четырёхкомпонентные смеси известных озонобезопасных фреонов. Синтезированы новые, озонобезопасные смесевые композиции, основанные в основном на хладагентах R125, R32, R134a, R143a [1].

Хладагент R507 (смесь хладагентов R125+R143a в пропорции 50/50) представляет собой смесь, близкую к азеотропной, то есть смесь двух жидкостей, состав которой не меняется при кипении, другими словами – смесь с равенством составов равновесных жидкой и паровой фаз.

Для оценки эффективности эти хладагентов приведем расчет одноступенчатой парокompрессионной холодильной машины, работающей на фреоне R507.

Рабочий режим холодильной установки характеризуется температурами: кипения t_o , конденсации t_k , переохлаждения жидкого агента перед регулирующим вентилем t_n , всасывания пара на входе в компрессор t_{bc} .

Построение цикла в T – S диаграмме представлено на рисунке 1.

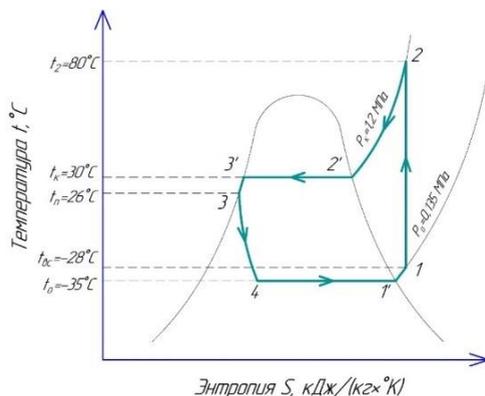


Рис.1. Изображение рабочего цикла одноступенчатого сжатия в T-S диаграмме

Мощность парокompрессионной холодильной машины определяется ее холодопроизводительностью. Холодопроизводительность холодильной установки характеризуется

количеством теплоты, отводимой от охлаждаемого объекта. Эта теплота расходуется на превращение в пар определенного количества хладагента в камерных приборах [2].

По T-S диаграмме определяем параметры точек и заносим их в таблицу 1.

Таблица 1 – Параметры искомым точек

№	t, °C	P, МПа	h, кДж/кг	S, кДж/(кг·°C)	v, м ³ /кг	Состояние
1'	-35	0,135	347	1,64	0,12	Сухой насыщенный пар
1	-28	0,135	354	1,66	0,13	Перегретый пар
2	-58	1,2	400	1,66	0,015	Перегретый пар
2'	30	1,2	375	1,57	0,013	Сухой насыщенный пар
3'	30	1,2	238	1,19	0	Насыщенная жидкость
3	26	1,2	230	1,75	0	Насыщенная жидкость
4	-35	0,135	230	1,2	0,042	Влажный пар

Удельная массовая холодопроизводительность холодильного агента q_o , кДж/кг по формуле:

$$q_o = h_{1'} - h_4, \quad (1)$$

где $h_{1'}$ - энтальпия сухого насыщенного пара точки 1', кДж/кг; h_4 - энтальпия влажного пара точки 4, кДж/кг.

Объёмная холодопроизводительность холодильного агента q_{V_c} , $\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$:

$$q_{V_c} = \frac{q_o}{v_1}, \quad (2)$$

где q_o - удельная массовая холодопроизводительность холодильного агента, кДж/кг; v_1 - удельный объем сухого насыщенного пара точки 1, м³/кг.

Удельная работа сжатия в компрессоре l , кДж/кг по формуле:

$$l = h_2 - h_{1'}, \quad (3)$$

где h_2 - энтальпия перегретого пара точки 2, кДж/кг; $h_{1'}$ - энтальпия сухого насыщенного пара точки 1', кДж/кг.

Теоретический холодильный коэффициент цикла:

$$E_m = \frac{q_o}{l}, \quad (4)$$

где q_o – удельная массовая холодопроизводительность холодильного агента, кДж/кг; l – удельная работа сжатия в компрессоре, кДж/кг.

Теплопроизводительность конденсатора Q , кВт:

$$Q = Q_o \cdot \frac{E_m + 1}{E_m}, \quad (5)$$

где Q_o – холодопроизводительность, кВт; E_m – холодильный коэффициент цикла.

Количество хладагента, поступающего в испаритель G , $\frac{\text{кг}}{\text{с}}$:

$$G = \frac{Q_o}{q_o}, \quad (6)$$

где Q_o – холодопроизводительность, кВт; q_o – удельная массовая холодопроизводительность холодильного агента, кДж/кг.

Теоретическая мощность, затрачиваемая в компрессоре N_m , кВт:

$$N_m = \frac{Q_o}{E_m}, \quad (6)$$

где Q_o – холодопроизводительность, кВт; E_m – холодильный коэффициент цикла.

Эффективность холодильной установки оценивается холодильным коэффициентом, чем выше этот коэффициент, тем выгоднее цикл.

В [3] приведен расчет одноступенчатой холодильной установки, работающей на фреоне R12. Технические параметры холодильной машины, работающей на хладагентах R12 и R507 указаны в таблице 2.

Таблица 2 - Технические параметры холодильной машины на хладагентах R12 и R507

Параметр	Обозначение, размерность	Фреон R12	Фреон R507
Удельная массовая холодопроизводительность холодильного агента	q_o , кДж/кг	115	117
Объёмная холодопроизводительность холодильного агента	q_{Vc} , $\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$	942	975
Удельная работа сжатия в компрессоре	l , кДж/кг	48	53
Теоретический холодильный коэффициент	E_m	2,39	2,21
Теплопроизводительность конденсатора	Q , кВт	94,13	96,38
Количество хладагента, поступающего в испаритель	G , $\frac{\text{кг}}{\text{с}}$	0,58	0,57

Теоретическая мощность, затрачиваемая в компрессоре	N_m , кВт	27,77	30,03
---	-------------	-------	-------

Из таблицы следует, что хладагент R507 по отношению к хладагенту R12:

- увеличивает теплопроизводительность конденсатора на 2,3%;
- снижает холодильный коэффициент цикла на 7,5%;
- повышает потребляемую мощность на привод компрессора на 7,5%.

Фреон R410A будет эффективнее фреона R507, потому что у него более высокие характеристики.

Научный руководитель: к.т.н., доцент В.Н. Федяева

Литература:

1. Цветков О.Б., Лаптев Ю.А. Теплофизические аспекты экологических проблем современной холодильной техники. Химия и компьютерное моделирование. – 2002. – 54 с.
2. Федяева В.Н., Федяев А.А., Данилов О.Л. Теплообменное оборудование предприятий. Расчет одноступенчатой пароконденсационной (абсорбционной) холодильной установки: Учебно-методическое пособие. – Братск: БрГУ, 2008. – 101 с.
3. Соколов Е.Я., Бродянский В.М. Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения: Учеб. Пособие для вузов – 2-е изд., перераб. – М.: Энергоиздат, 1981. – 320 с.

М.Д. Блязиков

*ФГБОУ ВО «Казанский Государственный Энергетический Университет
г. Казань, blyazikovtec2@yandex.ru*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МВС НА РАБОТУ ПАРОВОГО КОТЛА

Был произведен расчет котла Е-320-13,8-560 ГКТ (БКЗ 320-13,8 ГТК) на исходном топливе – природном газе, имеющий различный состав: природные газы Уренгой-Ужгород, Надым-Пунга - Н.Тура - Свердловск-Челябинск, Оренбург- Саратов- Александров Гай, Казань- Бугульма- Лениногорск-Альметьевск

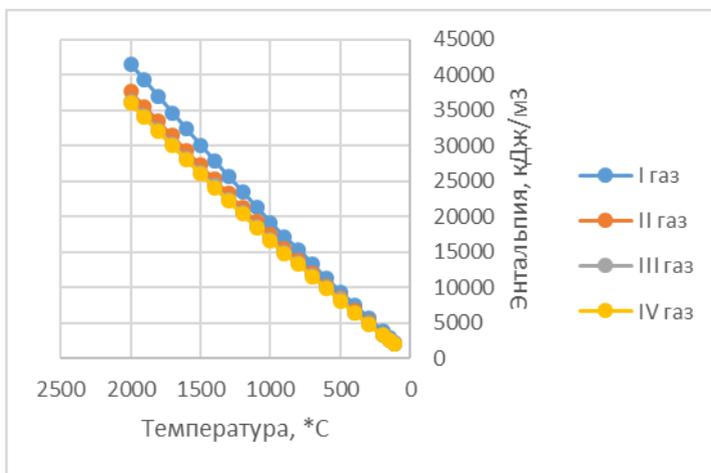


Рис.1. График сравнения зависимостей энтальпий продуктов сгорания от температуры по поверхностям нагрева для котлов, сжигаемого газа

Расчет котла на природном газе Уренгой-Ужгород

Теоретический расход воздуха

При сжигании природного газа объемный расход:

$$V^0 = 0,0476 \left[\sum \left(m + \frac{n}{4} \right) C_m H_n + 0,5(CO + H_2) + 1,5H_2S - O_2 \right] = \quad (1)$$

$$= 0,0476 \left[\left(1 + \frac{4}{4} \right) 98,6 + 0 + 0 - 0,66 \right] = 9,36 \frac{M^3}{M^3}$$

Состав и объем продуктов сгорания

При сжигании природного газа объем продуктов сгорания:

теоретический объем азота

$$V_{N_2}^0 = 0,79V^0 + 0,01N_2 = 0,79 \cdot 9,36 + 0,01 \cdot 0,74 = 7,4 \frac{M^3}{M^3} \quad (2)$$

теоретический объем трехатомных газов

$$V_{RO_2} = 0,01 \left(\sum m C_m H_n + CO_2 + CO + H_2S \right) = \quad (3)$$

$$= 0,01(1 \cdot 98,6 + 0 + 0 + 0) = 0,986 \frac{M^3}{M^3}$$

Теоретический объем водяных паров

$$V_{H_2O}^0 = 0,01 \left(\sum \frac{n}{2} C_m H_n + H_2 S + H_2 + 0,124 d_r + 0,0161 V^0 \right) = \quad (4)$$

$$= 0,01 \left(\frac{4}{2} \cdot 98,6 + 0 + 0 + 0,124 \cdot 10,1 + 0,0161 \cdot 9,36 \right) = 1,986 \frac{M^3}{M^3}$$

Теоретический общий объем продуктов сгорания:

$$V_r^0 = V_{RO_2} + V_{H_2O}^0 + V_{N_2}^0 = 0,986 + 1,986 + 7,4 = 10,37 \frac{M^3}{M^3} \quad (5)$$

Действительный суммарный объем продуктов сгорания:

$$V_r = V_r^0 + 1,0164(\alpha - 1)V^0 = 10,37 + 1,0164 \cdot (1,1 - 1) \cdot 9,36 = 11,32 \frac{M^3}{M^3} \quad (6)$$

Также провели расчеты для остальных 3 газов и получили значения, внесенные в таблицу 1.

Таблица 1 – полученные значения

	1	2	3	4
$Q_{п}$, МДж/М ³	35,4	35,6	36,7	41
V^0 , М ³ /М ³	9,355	9,442	9,702	10,707
V_{N_2} , М ³ /М ³	7,39	7,47	7,73	8,46
V_{RO_2} , М ³ /М ³	0,986	0,994	1,115	1,379
V_{H_2O} , М ³ /М ³	1,986	1,996	1,995	2,071
V_r , М ³ /М ³	11,32	11,42	11,83	12,99
q_2 , %	4,887	4,905	4,943	4,945

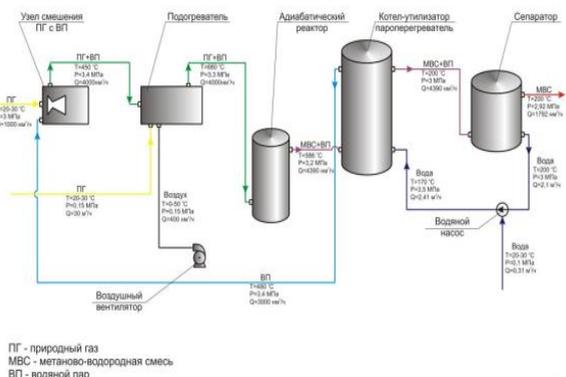


Рис.2. Принципиальная схема установки получения метано-водородной смеси с помощью технологии АКМ

На сегодняшний день в мире распространено несколько промышленных способов получения водорода, наиболее доступным и дешевым из которых считается паровая конверсия метана. Однако разработанная в России новая технология адиабатической конверсии метана существенно упрощает промышленный процесс получения МВС, поскольку не требует производства кислорода, энерго- и капиталозатратного электролиза воды, происходит при более низких температурах (до 680 °С) и построена на отработанных в крупнотоннажной химии технологических решениях, режимах и катализаторах.

В энерготехнологической схеме производства метано-водородной смеси приняты технические решения, направленные на достижение минимального расхода энергии и максимальной производительности. Технологическая схема производства МВС показана на рис. 1.2. Природный газ, очищенный от сернистых соединений поступает в узел смешения с водяным паром. Водяной пар поступает из котла-утилизатора. Природный газ с водяными парами при температуре примерно 450°С поступают в огневой подогреватель. На выходной линии огневого подогревателя температура смеси составляет примерно 680 °С. С такой температурой смесь поступает в адиабатический реактор. В реакторе, благодаря адиабатической конверсии метана, получаем метано-водородную смесь и водяные пары с температурой примерно 590 °С. Так как в адиабатическом реакторе часть воды тратится для получения водорода, производится постоянная подпитка воды в систему. Перед тем как попасть в систему вода проходит через фильтр. Все расходные показатели по природному газу, метано-водородной смеси, водяному пару и воде показаны на схеме. Применение метано-водородных смесей с высоким содержанием водорода (до 50%) в качестве топливного газа на строящихся, а также на действующих компрессорных станциях (КС) с газоперекачивающими агрегатами (ГПА), подлежащими реконструкции, позволит существенно улучшить как эксплуатационные характеристики и снизить расход топливного газа, значительно снизит эмиссионные показатели. Такая работа должна учитывать различные варианты конструктивного выполнения заменяющих агрегатов при одновременной высокой унификации блоков производства МВС, ориентированных на наиболее массовые представительные проекты.

Научный руководитель: д.т.н., доцент Г.Р. Мингалеева

Литература:

1. Аксютин О.Е. Концепция крупномасштабного развития инновационных систем производства и распределения метано-водородного топлива как эффективного альтернативного энергоносителя // Аксютин О.Е., Ишков А.Г., Хлопцов В.Г., Казарян В.А., Столяревский А.Я. // Kuala Lumpur, 2012.

2. Водород в энергетике: учеб. пособие / Р.В. Радченко, А.С. Мокрушин, В.В. Тюльпа. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. — 229 с.

3. Таймаров М.А. Сжигание метано-водородной фракции и мазута в котлах ТГМ-84А // Таймаров М.А., Ахметова Р.В., Сингатуллин Р.Г., Чикляев Е.Г. // Вестник Казанского государственного энергетического университета, №4. – С. 83-94.

4. Гишман И.М., Кутлер П.П. Особенности сжигания мазута на паровых и водогрейных котлах. Москва: ГОУ ДПО ИПК госслужбы, 2010. 123 с.

5.A. Sadiki, S.Repp, C. Schneider et al. Numerical and experimental investigations of confined swirling combustng flows // Progress in Computational

6. Gelderen L., Malmquist L.M.V., Jomaas G. Vaporization order and burning efficiency of crude oils during in-situ burning on water. 2017. P. 558-537.

7. Чикляев Е.Г. Повышение эксплуатационной надежности котлов ТЭС при сжигании метано-водородных фракций // Чикляев Е.Г., Афлятунов И.И. Материалы XIV Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах. Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. 2019. – с. 179-183.

Т.Р. Абдуллин

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»
г. Казань, abdullin.t.r_25@kgeu.ru*

РАСЧЁТ ЧАСТОТ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ НА ОПОРНОМ ТРУБОПРОВОДЕ

В последние годы техническая диагностика приобретает всё более важное значение для продления срока службы оборудования и трубопроводов. Изучая воздействие вибрационных колебаний на трубопроводы, можно совершенствовать конструкцию участков труб и сокращать расходы на дальнейший ремонт и обслуживание. Срок безотказной работы трубопроводов напрямую зависит от качества

технического диагностирования и режимов эксплуатации. Наиболее точным и удобным способом проверки трубопроводов является виброакустическая диагностика [1].

Вибрации в трубопроводах обусловлены как характером движения рабочего тела, например, газа или жидкости, так и пульсациями давления в трубопроводе. Негативное воздействие такой вибрации проявляется в преждевременных развитиях дефектов, как в основном металле труб, так и в сварных швах, разрушении опор, нарушении изоляционных покрытий и повреждении оборудования.

На длинном участке трубопровода без поворотов пульсации давления распределяются равномерно, там не могут возникнуть значительные силы, способные возбудить колебания трубопроводов [2]. Такие колебания возможны лишь при условии резонанса, когда небольшие продольные усилия, вызванные местными сопротивлениями, могут возбудить значительные поперечные колебания в трубопроводе.

Вибрационная диагностика также, как и другие методы неразрушающего контроля, помогает в поиске неисправностей, оценке состояния оборудования или объекта исследования. Смысл вибрационной диагностики, как правило, в исследовании временного сигнала или спектра вибраций технического оборудования.

Под анализом вибрационного сигнала подразумевается исследование зависимости параметров вибрации от частоты и времени. Анализ временной области, также, как и анализ спектра является основным инструментом в анализе в вибродиагностике.

Собственные частоты колебаний (поперечные) определяются индивидуально для каждого трубопровода расчётным методом по формуле, Гц:

$$F_n = \frac{m}{2\pi l^2} \sqrt{\frac{EJg}{q}}, \quad (1)$$

где m - коэффициент для несжатого на опорах трубопровода, равный 1,62; 3,5; 6,38 и 9,7; l - длина пролёта между промежуточными опорами, см; E - модуль упругости, $\text{кг}/\text{см}^2$; J - момент инерции, см.

Соответственно [3] для 1 – 4 – й форм колебаний (рис. 1);

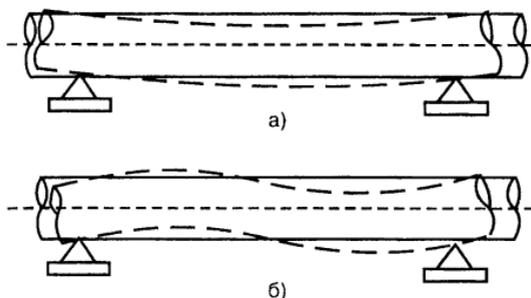


Рис. 1. Балочные формы колебаний трубопровода
А – первая форма; Б – вторая форма

$$\frac{\pi(D^4 - d^4)}{64}; \quad (2)$$

D – наружный, d – внутренний диаметры трубопровода;

g – гравитационная постоянная, $\text{см}/\text{с}^2$;

$$q = q_{\text{ст}} + q_{\text{в}}, \quad (3)$$

$q_{\text{ст}}$ – собственная масса оболочки трубопровода, приходящая на сантиметр погонной длины, $\text{кг}/\text{см}$;

$$q_{\text{ст}} = \pi(D^2 - d^2)\gamma / 4; \quad (4)$$

$q_{\text{в}}$ – собственная масса воды, заключённой в трубопроводе, приходящаяся на сантиметр погонной длины, $\text{кг}/\text{см}$;

$$q_{\text{в}} = \frac{\pi d^2 \gamma_{\text{в}}}{4}; \quad (5)$$

$$\gamma_{\text{ст}} = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ кг} / \text{см}^3; \quad (6)$$

$$\gamma_{\text{в}} = 7,85 \cdot 10^{-3} \text{ кг} / \text{см}^3; \quad (7)$$

Диаграмма, показывающая зависимость частоты собственных поперечных колебаний трубопровода от величины его наружного диаметра [4]:

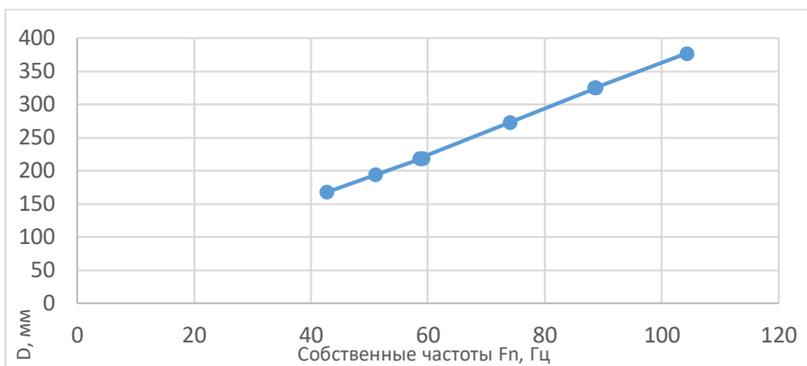


Рис.2. Диаграмма зависимости частоты от диаметра.

На рисунке 3 показана экспериментальная установка для исследования колебательных процессов в трубопроводе.

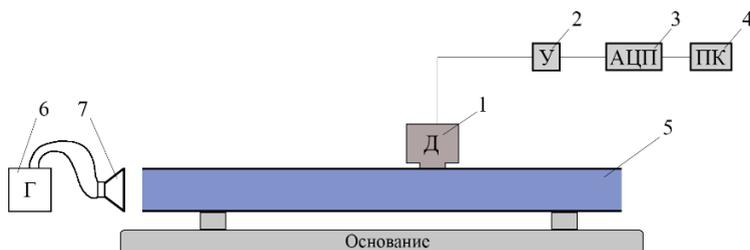


Рис.3. Экспериментальная установка. 1 – пьезоэлектрический датчик; 2 – усилитель сигнала; 3 – аналогово-цифровой преобразователь; 4 – персональный компьютер; 5 – исследуемая труба; 6 – генератор частот; 7 – акустический динамик.

На одной из найденных ранее частот собственных колебаний производится сканирование вибрационного сигнала на поверхности исследуемого трубопровода. Передвигая датчик на одинаковое расстояние, записываются показания амплитуды. Таким образом, строится вибрационное поле исследуемого трубопровода [5].

На основе полученных результатов формируется таблица данных, для удобства представленная на рисунке 3 в виде диаграммы.

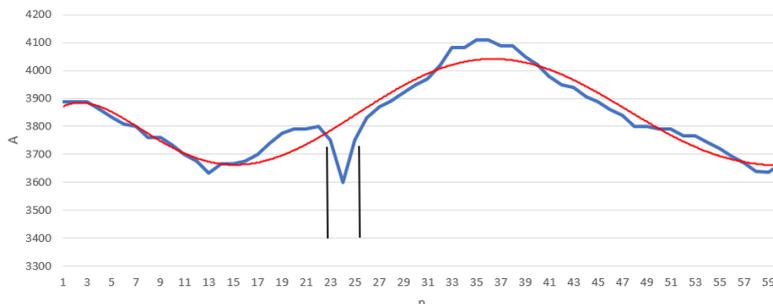


Рис.4. Зависимость амплитуды А колебания стенки трубопровода в точках измерения n.

Участок без дефектов характеризуется гладкой характеристикой, зависящей от частоты колебания. Наличие дефекта приведет к нарушению этой «гладкости» вследствие диссипации колебательной энергии. Для исследования процесса эксперименты проводились на трубопроводе без дефектов, с соединением в виде сварного шва. В данном случае, сварной шов моделирует дефект трубопровода. Явное отклонение амплитуды колебаний от заданной закономерности указывает место дефекта, нарушающего однородность материала трубопровода.

Научный руководитель: к.т.н., доцент, А.Е. Кондратьев

Литература:

1. Загретдинов, А. Р. Разработка прибора и методики ударно-акустического контроля многослойных композиционных конструкций / А. Р. Загретдинов, А. Е. Кондратьев, Ю. В. Ваньков // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2013. – № 9-10. – С. 97-104.
2. Gaponenko, S. O. Device for Calibration of Piezoelectric Sensors / S. O. Gaponenko, A. E. Kondratiev // Procedia Engineering: International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2017, Saint-Petersburg, 16–19 мая 2017 года. – Saint-Petersburg: Elsevier Ltd, 2017. – P. 146-150. – DOI 10.1016/j.proeng.2017.10.451.
3. Установка для калибровки пьезоэлектрических датчиков / С. О. Гапоненко, А. Е. Кондратьев, Е. Е. Костылева, А. Р. Загретдинов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2016. – № 7-8. – С. 79-86.
4. Оценка технического состояния подшипников качения виброакустическим методом / М. В. Акутин, Ю. В. Ваньков, А. Е.

Кондратьев, Ю. Я. Петрушенко // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2009. – № 2. – С. 55-57.

5. Разработка методики определения размера коррозионного поражения оболочек акустическим методом / Ш. Г. Зиганшин, Ю. В. Ваньков, А. Е. Кондратьев, С. П. Кузнецов // Энергосбережение и водоподготовка. – 2009. – № 1(57). – С. 36-38.

М.И. Погодаев, И.Н. Киреева

*ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»
г. Братск, chikintosik1114@gmail.com*

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПНЕВМОСИСТЕМ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В последние годы перед промышленными предприятиями Российской Федерации остро встал вопрос повышения эффективности своего производства путем снижения энергозатрат, особенно потребления электроэнергии. С одной стороны, это обусловлено ужесточением контроля над энергосбережением со стороны государства: составление энергетического паспорта, а в перспективе и заполнение энергетической декларации. С другой стороны – имеющий место многолетний рост тарифов на электроэнергию. Если в 2018 году киловатт-час электроэнергии стоил в среднем 3 руб., то к концу 2020 года рост тарифа привел к его подорожанию,

Самым большим (от 20 % до 40 % от общего энергопотребления) потребителем электроэнергии на промышленном предприятии является производство и транспортировка сжатого воздуха, используемого как непосредственно в технологических процессах, так и в промышленной автоматизации.

В Российской Федерации существует две группы промышленных предприятий:

1) современное производство, оснащенное оборудованием и коммуникациями, спроектированными и построенными на основе последних достижений в сфере энергосберегающих технологий;

2) промышленные предприятия, построенные в СССР по самым современным на тот момент технологиям, но за последние десятилетия морально и физически устаревшие. Изношенное компрессорное оборудование имеет не соответствующую современным требованиям систему регулирования с узким диапазоном изменения параметров. Пневмотрубопроводы подверглись коррозии, нарушена их тепловая изоляция, что приводит к образованию капель конденсата в сжатом воздухе с последующим промерзанием воздухопровода и наличием

больших утечек воздуха. Применявшаяся в те годы и дошедшая до наших дней централизованная система воздухопроводов имеет кольцевое и радиальное исполнение с характерными для него протяженными и разветвленными участками с тупиковыми зонами с постоянным дефицитом воздуха.

Из-за длительного срока работы предприятий, неоднократной смены руководства на многих из них возникла ситуация, когда утеряны паспорта на работающее оборудование, что не позволяет точно определить потребность в сжатом воздухе.

Рассмотрим пути повышения энергетической эффективности работы пневматических систем таких предприятий.

На рисунке 1 представлена классическая схема пневмоустановки.

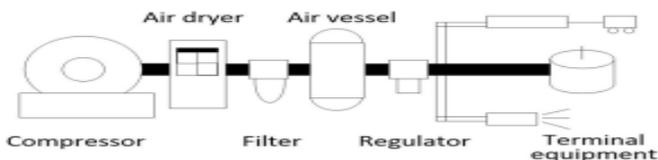


Рис.1. Классическая схема пневмоустановки
(compressor - компрессор, air dryer - воздухоосушитель,
filter - фильтр, air vessel - воздушная емкость,
regulator - регулятор, terminal equipment - выход воздуха)

На рисунке 2 представлена классическая схема пневмоустановки на реальных объектах.



Рис.2. Классическая схема пневмоустановки на реальных объектах

Источником сжатого воздуха на заводах являются централизованные компрессорные станции или локальное компрессорное

оборудование, установленное непосредственно в подразделениях - потребителях.

Пневматические системы, обеспечивающие транспортировку и распределение воздуха, имеют различную протяженность и конфигурацию. Потребители часто предъявляют различные требования к параметрам и качеству сжатого воздуха.

В случае необходимости централизованного производства сжатого воздуха в больших объемах на компрессорных станциях, оснащенных мощными компрессорными установками, возможность сокращения потребления электроэнергии может быть достигнута:

1) обеспечением эффективного и безопасного отключения и плавного запуска приводных электродвигателей большой мощности посредством использования устройств плавного пуска (УПЗ), софтстартеров [3];

2) автоматическим высокоточным поддержанием давления в пневмосистеме на технологически необходимом уровне.

Из-за временного прекращения потребления сжатого воздуха на каком-либо участке во всей пневмосистеме происходит повышение давления. Возникает ситуация, когда компрессор прокачивает больше воздуха, чем технологически необходимо в данный момент. Соответственно, это дополнительная нагрузка на электродвигатель и, как следствие, повышенное потребление электроэнергии.

Доказано, что превышение минимально допустимого давления в пневмосистеме на 1 кгс/см^2 приводит к перерасходу электроэнергии примерно на 10%. Решением этой проблемы является включение в систему автоматизации пневмосистемы электронных регуляторов подачи воздуха [3].

Помимо необходимости установки компрессоров с приводом от электродвигателей большой мощности другой особенностью централизованного производства сжатого воздуха, приводящей к потерям электроэнергии, является наличие протяженных разветвленных воздухопроводов.

Повышение энергоэффективности таких пневмосистем достигается минимизацией потерь давления, как по длине, так и на местных сопротивлениях сети. Известно, что диаметру воздухопровода соответствует определенная максимально допустимая расходная нагрузка, и её превышение приводит к неоправданным потерям давления. Например, замена пневмопровода с диаметром 1/2" на аналогичный с большим диаметром (3/4") при расходе воздуха $1,9 \text{ м}^3/\text{мин}$. сокращает потери давления в 8 раз [4].

На рисунке 3 отражен процесс циркуляции потока энергии в пневмосистеме.

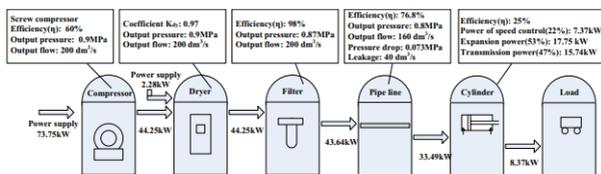


Рис.3. Поток энергии в пневмосистемах

Таким образом, оптимальный выбор диаметра воздуховода позволяет сократить давление нагнетания компрессора за счет снижения его запаса на покрытие потерь до технологически необходимого уровня и, следовательно, позволяет экономить электроэнергию.

Еще одним путем экономии электроэнергии как результата снижения давления нагнетания компрессора является отключение единичных потребителей сжатого воздуха повышенных параметров от общей пневмосистемы, и тем самым позволяющее установить в ней более низкое давление. Воздухоснабжение таких потребителей возможно либо от той же системы через локальный усилитель давления, либо путем установки индивидуального компрессора меньшей, чем на компрессорной станции, производительности в составе локальной системы производства сжатого воздуха [5].

Для привода таких компрессоров используются двигатели малой мощности, что позволяет их включать и выключать по мере необходимости. Решение о способе энергосбережения в таком случае следует принимать после расчетного обоснования: с одной стороны - снижение удельных энергозатрат на сжатие воздуха; с другой - затраты на производство дополнительного количества сжатого воздуха, необходимого на собственные нужды усилителя, или затраты на монтаж и эксплуатацию локальной пневмосистемы. Оптимальным решением является путь, обеспечивающий максимальную энергоэффективность.

Если на промышленном предприятии в результате изменения экономических условий в последние годы сложилась сеть потребителей сжатого воздуха, отличающихся различными параметрами, но требующих близкие по величине расходы воздуха, то решением проблемы энергосбережения, очевидно, является переход на локальные системы производства сжатого воздуха, расположенные непосредственно в подразделениях завода, и ликвидация

дорогостоящих и малоэффективных (в этом случае больших компрессорных станций).

Сокращение утечек является ещё одним фактором энергосбережения при подготовке сжатого воздуха. Влажный загрязненный воздух способствует быстрому износу уплотнений, образованию твердых отложений на клапанах, в том числе в устройствах отвода конденсата, что сопровождается утечками сжатого воздуха.

Следует отметить, что быстрое загрязнение воздушного и масляного фильтров дает потери производительности на 3-10%.

Качественная и рациональная подготовка сжатого воздуха, своевременное и качественное техническое обслуживание компрессорных установок - обязательное условие эффективного энергосбережения.

Таким образом, пневмосистемы промышленных предприятий содержат в себе большие резервы энергосбережения.

Научный руководитель: к.т.н., доцент В.Н. Федяева

Литература:

3. Федяев А.А., Калинин Н.В., Данилов О.Л. Технологические энергосистемы предприятий. Расчет систем производства и распределения газообразных энергоносителей: Учебное пособие. - Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2005. - 104с.

4. Федяев А.А. Промышленные теплоэнергетические системы: Лабораторный практикум. - Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2003. - 164 с.

5. Сибикин, М. Ю. Технология энергосбережения: учебник:/ М. Ю. Сибикин, Ю. Д. Сибикин. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2014. – 352 с.

6. Берман Я.А., Маньковский О.Н., Лорр Ю.Н., Рафалович А.П., Системы охлаждения компрессорных установок. – Л: Машиностроение, 1984. - 288с.

7. Нагорный, В. С., Средства автоматики гидро- и пневмосистем: учебное пособие / В. С. Нагорный. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 448 с.

В.Д. Юровская
ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»
г. Братск, valeriya.yurovskaya@mail.ru

ВЫЯВЛЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ЗДАНИЯ ПРИ ПОМОЩИ ТЕПЛОВИЗИОННОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ

В ходе эксплуатации исследуемого здания в период зимы 2021-2022 г. была получена информация о проблемах соблюдения температурных режимов внутри некоторых помещений.

На основании вышесказанного и требований постановления Правительства Российской от 28 мая 2021 года № 815 [1], было принято решение о проведении обследования исследуемого здания на предмет превышения количества тепловых потерь над проектными значениями и выявлении дефектов конструкций. Обследование целесообразно начинать с общего осмотра объекта, а затем провести его термографическую съемку, для получения количественной оценки результатов контроля. При выявлении теплотехнических нарушений необходимо определить характеристики их дефектности.

Тепловизионное обследование — это метод обследования зданий и сооружений, который основан на дистанционном измерении тепловизором полей температур поверхностей ограждающих конструкций, между внутренними и наружными поверхностями которых существует перепад температур. Тепловизионная съемка позволяет визуализировать температурные аномалии для определения дефектов в виде областей, повышенных теплопотерь, связанных с нарушением теплоизоляции, а также участки поверхностей ограждающих конструкций, температура которых в процессе эксплуатации может опускаться ниже допустимых значений. Тепловизионное обследование является частью энергоаудита объекта.

Энергоаудит — комплекс мероприятий и измерений по оценке текущего состояния энергообъекта с точки зрения его энергоэффективности. Основными целями энергоаудита являются [2]:

- 1) получение объективных данных об расходном объеме используемых энергетических ресурсов;
- 2) определение показателей энергетической эффективности;
- 3) определение потенциала энергосбережения и повышения энергоэффективности объектов;
- 4) разработка перечня различных мероприятий по энергосбережению и повышению энергоэффективности.

Актуальностью данного исследования является необходимость получения реальной информации о техническом состоянии здания.

Стены исследуемого здания выполнены следующим образом: штукатурка из цементно-песчаного раствора толщиной 20 мм; кирпичная кладка из кирпича керамического пустотелого толщиной 510 мм; утеплитель «URSA» П-30 Г толщиной 110 мм; гидроветрозащитная паропроницаемая пленка «TYVEK»; вентилируемая воздушная прослойка; декоративная плита облицовки фасада.

Обследование проводилось 9 марта 2022 г (рисунок 1). Фактическая наружная температура воздуха составляла $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$; средняя температура внутри объекта — $+21,3\text{ }^{\circ}\text{C}$; относительная влажность воздуха — 52%; средняя скорость движения ветра — 7,6 м/с [3]. Все перечисленные условия соответствуют пункту 6 ГОСТ Р 54852-2011 [4] и допускают проведение тепловизионной съемки.

Оборудование, при помощи которого проводилось тепловизионное обследование — тепловизор FLIR Systems AB.

Результаты наружной тепловизионной съемки исследуемого здания представлены на рисунке 1.



Рис.1. Термограмма здания снаружи

а — задний фасад исследуемого здания; б — боковая входная дверь

На основе данных результатов были произведены расчеты тепловых потерь по методике, состоящей из следующих этапов [2]:

1. Определение исходных данных:

Абсолютная температура поверхности исследуемого объекта, К:

$$T_{\text{пов}} = t_{\text{пов}} + 273, \quad (1)$$

где $t_{\text{пов}}$ — температура поверхности исследуемого объекта по данным тепловизионной съемки, $^{\circ}\text{C}$;

Абсолютная температура наружного воздуха, К:

$$T_{\text{нар}} = t_{\text{нар}} + 273, \quad (2)$$

где $t_{\text{нар}}$ — температура наружного воздуха, измеренная при проведении тепловизионного обследования, °С.

Для оценки теплопотерь принимаем: F — площадь рассматриваемой поверхности, равная 1 м²; l — длина участка, на котором считаются теплопотери, 1 м; w_0 — скорость набегающего потока или скорость ветра при проведении тепловизионной съемки, м/с.

λ, ν, Pr выбираются по атмосферному давлению и температуре наружного воздуха при проведении тепловизионного обследования: λ — коэффициент теплопроводности воздуха, в нашем случае принимаем равным 0,0236 Вт/(м·К); ν — кинематический коэффициент вязкости воздуха, принимаем равным $12,43 \cdot 10^{-6}$ м²/с; Pr — число Прандтля для воздуха, принимаем равным 0,712.

c_0 — излучательная способность абсолютно черного тела, равная 5,67 Вт/(м²·К⁴); $\epsilon_{\text{об}}$ — коэффициент теплового излучения объекта, выбирается в зависимости от его материала;

2. Определение теплового потока через поверхность объекта, Вт:

$$Q = a_{\text{эф}} \cdot F \cdot (t_{\text{пов}} - t_{\text{нар}}), \quad (3)$$

где $a_{\text{эф}}$ — эффективный коэффициент теплопередачи, Вт/(м²·К):

$$a_{\text{эф}} = a_{\text{кон}} + a_{\text{рад}}, \quad (4)$$

где $a_{\text{рад}}$ — коэффициент теплопередачи излучением, Вт/(м²·К); $a_{\text{кон}}$ — коэффициент теплопередачи конвекцией, Вт/(м²·К):

$$a_{\text{рад}} = \frac{q_{\text{рад}}}{(t_{\text{пов}} - t_{\text{нар}})}; \quad (5)$$

$$a_{\text{кон}} = \frac{Nu \cdot \lambda}{l}, \quad (6)$$

где $q_{\text{рад}}$ — плотность теплового потока, переданного излучением, Вт/м²; Nu, Re — соответственно числа Нуссельта и Рейнольдса:

$$q_{\text{рад}} = c_0 \cdot \epsilon_{\text{об}} \cdot \left[\left(\frac{T_{\text{пов}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{\text{нар}}}{100} \right)^4 \right]; \quad (7)$$

$$Re = \frac{w_0 \cdot l}{\nu}; \quad (8)$$

$$Nu = 0,037 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,4}; \quad (9)$$

Результаты расчетов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Тепловые потери через объекты тепловизионной съемки

Объект тепловизионной съемки	Температура поверхности объекта, °С	Тепловые потери через объект, Вт
Окно I	-1,6	281,73
Стена I	-5,7	124,19
Стена II	-6	112,88

Дверь (стальная) I	-4,2	170,5
Стена III	-7,4	60,15
Окно II	-4,9	155,77
Дверь (стальная) II	-2,7	223,88
Дверь (стальная) III	0	320,07
Дверь (стеклянная)	6	571,83
Стена VI	-5,4	135,50

Опираясь на данные, полученные с помощью тепловизионной съемки и расчетов тепловых потерь, можно сделать следующие выводы о состоянии исследуемого здания:

1. Были зафиксированы теплопотери через стены здания, а также оконные блоки, что видно из расчетов и фотографий, представленных на рисунке 1;

2. Температура наружных стен превышает температуру воздуха в среднем на 15 градусов;

3. Наибольшие значения теплопотерь установлены через центральную (стеклянную) и боковую (стальную) входные двери;

Помимо этого, в ходе внутреннего обследования и термографической съемки были обнаружены дополнительные источники тепловых потерь, а именно: неисправности в отопительных приборах, дефекты, разрушения, трещины, щели в стенах здания и холодные оконные блоки на лестничных площадках (рисунок 2).

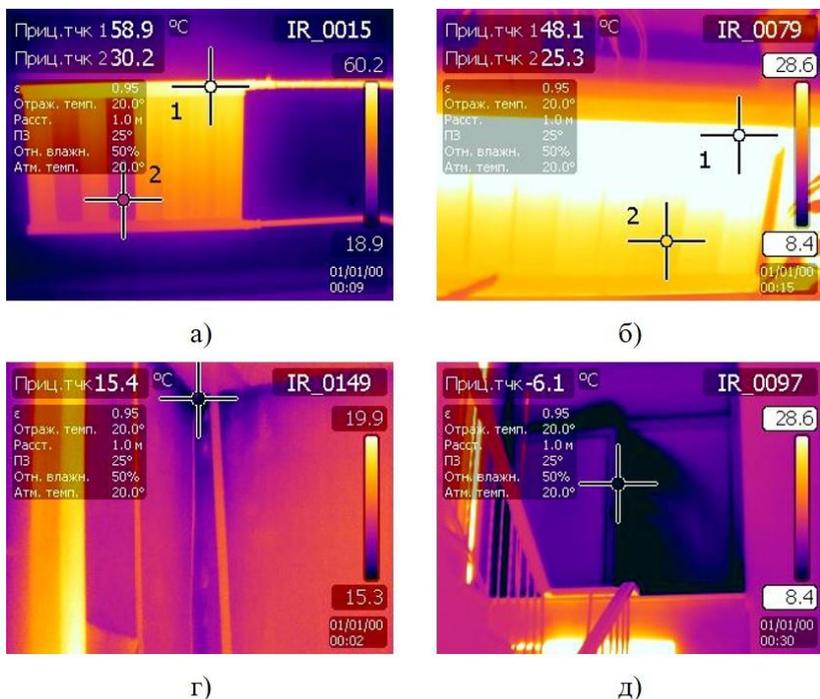


Рис.2. Термограмма внутренних помещений здания
 а, б — неисправности в отопительных приборах; в — щель в стене; г — холодный оконный блок на лестничной площадке

Для устранения выявленных дефектов предлагается следующий комплекс мероприятий:

1. Проведение полного энергоаудита здания;
2. Выполнение капитального ремонта стен, имеющих явные признаки разрушения, дефекты и вздутия лакокрасочного покрытия;
3. Замена дверных утеплителей, ремонт дверных проёмов либо полная замена дверных групп;
4. Проведение ремонта оконных блоков и их регулировку. В случае невозможности проведения ремонта, осуществление полной замены оконных блоков;
5. Проведение проверки работоспособности всех отопительных приборов, при необходимости осуществление их промывки, опрессовки и развоздушивание всех узлов. В случае невозможности

восстановления или ремонта отопительных приборов, проведение замены нерабочих секций радиаторов, либо радиаторов в целом.

6. Осуществление элективного регулирования температурных режимов в отопительный сезон.

Проведение данных мероприятий повысит энергоэффективность здания и снизит расходы на его теплоснабжение.

Несмотря на всё вышеизложенное, исследуемое здание подлежит дальнейшей плановой эксплуатации и угроз для жизни и здоровья людей не представляет.

Научный руководитель: ассистент В.В. Кижин

Литература:

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 28 мая 2021 года № 815. Об утверждении перечня национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», и о признании утратившим силу постановления Правительства Российской Федерации от 4 июля 2020 года № 958. — Москва, 2021. — с. 16.

2. Аникина И.Д., Поршнев Г.П., Сергеев В.В. Тепловизионное обследование зданий // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Наука и образование 2-1. — Санкт-Петербург, 2012. — с. 94-98.

3. World Weather. Погода на 9 марта 2022 года в Братске [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://world-weather.ru/pogoda/russia/bratsk/09-march/>.

4. ГОСТ Р 54852-2011. Здания и сооружения. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций. — Москва, 2011. — с. 10.

С.Д. Алутин

*ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»
г. Братск, alutin_2013@mail.ru*

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧНОСТИ СЖИГАНИЯ ТОПЛИВА В ПИРОЛИЗНОМ КОТЛЕ

Пиролиз – это термический процесс разложения сырья на различные компоненты (полукокс, пиролизную жидкость и пиролизный газ) без доступа кислорода. Полученные фракции можно использовать как горючее.

Выход данных продуктов зависит от условий ведения процесса и свойств перерабатываемого сырья. При повышенных температурах основным продуктом является пиролизный газ. При низкой интенсивности процесса (скорости нагрева) и повышенном давлении, преобладающим продуктом является коксовый остаток угля. При высокой интенсивности и умеренной температуре основным продуктом являются жидкие органические продукты.

Пиролизные установки применяют для выработки пиролизной жидкости. Пиролизная жидкость используется в качестве печного топлива как альтернатива дизельному топливу. Теплотворная способность пиролизного топлива соответствует ГОСТу дизельного топлива и применяется оно именно на дизельных горелках. Топливо используется на большом количестве предприятий: торговые центры, автоцентры, производственные предприятия, гостиницы, асфальтовые заводы, частные объекты.

Пиролизный котёл представляет собой разновидность твердотопливного котла, в котором топливо (например, дрова) и выходящие из него летучие вещества сгорают отдельно. За счет реализации данного принципа достигается более полное сгорание топлива и существенно повышается эффективность оборудования.

В пиролизных котлах топка разделена на две части (рис. 1). В первую часть (камера загрузки) загружается топливо с высоким выходом летучих веществ. Традиционно это дрова, топливные брикеты и уголь. Их поджигают и закрывают дверцу. При недостатке воздуха и под действием высокой температуры (около 500 °С) происходит обугливание и выделение древесного газа – собственно, это и есть пиролиз. Выделившийся газ поступает во вторую камеру, там к нему подмешивается вторичный воздух, в котором пиролизный газ сгорает при температуре близкой к температуре горения магистрального газа (свыше 1300 °С). Часть тепла поступает к нижнему слою дров для поддержания процесса пиролиза, остальное тепло утилизируется для нагрева.

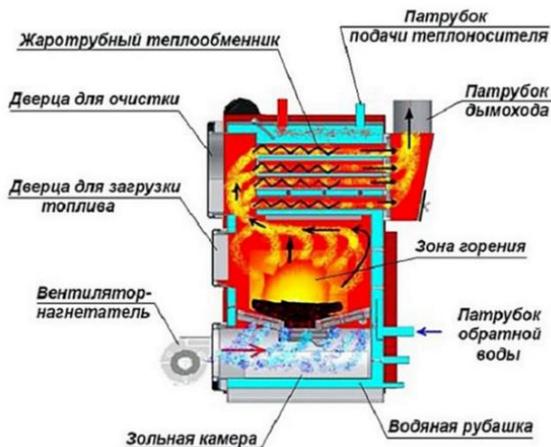


Рис.1. Компоновка пиролизного котла

Для максимальной эффективности работы влажность дров должна быть не более 20%. Если дрова влажные, при их горении образуется пар, который снижает газовыделение и приводит к отложению дегтя и сажи. В результате КПД котла падает и возникает необходимость в его чистке.

Преимущества пиролизных котлов:

- для сжигания дров или угля необходимо гораздо больше вторичного воздуха, чем для сгорания древесного газа, поэтому при одинаковом объеме вторичного воздуха КПД сгорания древесного газа, длительность и температура горения будут больше;
- выброс вредных веществ пиролизных котлов в атмосферу сведен до минимума, поэтому пиролизный котел – это практически экологически чистый источник тепла;
- твердотопливные котлы пиролизного горения нуждаются в очистке от золы крайне редко;
- пиролизные котлы могут работать очень долго (до 15 часов) на одной закладке дров;
- обеспечивается высокий КПД 85-95 % в зависимости от влажности топлива.

Недостатки пиролизных котлов:

- сравнительно высокая стоимость;
- пиролизные котлы на 30-35 % тяжелее обычных.

Далее сравним годовой расход топлива пиролизного котла Buderus Logano S171-50 W и твердотопливного котла Defro KDR Plus 50.

Данные котлы предназначены для площади обогрева не более 600 м². Технические характеристики этих котлов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики пиролизного и твердотопливного котлов

Наименование котла	Buderus Logano S171-50	Defro KDR Plus 50
Вес, кг	550	626
Рабочее давление, МПа	0,3	0,15
Диаметр дымохода, мм	200	230
Номинальная паропроизводительность, т/ч	0,6	0,6
Избыточное давление пара, МПа	0,3	0,25
Температура перегретого пара, °С	210	240
Температура питательной воды, °С	85	80
Температура уходящих газов, °С	103	110
Объем топочной камеры, л	133	152
Одна закладка топлива может вырабатывать тепло в течение, ч	12	8
Расчётное топливо	Береза	Береза
КПД, %	94	81

Расчет расхода топлива в пиролизном котле Buderus Logano

Массу дров, необходимая для полной закладки топочной камеры, можно вычислить по формуле:

$$m_{\text{полн}} = V \cdot \rho, \quad (1)$$

где V – объем топки, л (топку заполняют на 2/3 объема); ρ – средняя плотность сухих дров, кг/м³, $\rho = 500$ кг/м³.

Поддерживать тепло на одной закладке дров в котле можно на протяжении 12 часов; на одну закладку масса дров составит:

$$m_{\text{полн}} = 500 \cdot 0,0887 = 44,33 \text{ кг.}$$

Соответственно, суточная масса дров составит $44,33 \cdot 2 = 88,66$ кг.

Определим расход топлива на зиму, кг/зима:

$$V_{\text{зима}} = V_{\text{день}} \cdot n_{\text{дней}} \quad (2)$$

где $n_{\text{дней}}$, – количество зимних дней; для расчётов принимаем $n_{\text{дней}} = 90$ дней.

Тогда:

$$V_{\text{зима}} = 88,66 \cdot 90 = 7980 \text{ кг/зима.}$$

Расчет расхода топлива в твердотопливном котле Defro KDR Plus 50.

Аналогично по формуле (1) найдем массу дров, необходимую для закладки топочной камеры в твердотопливном котле: $m_{\text{полн}} = 55,5$ кг

Поддерживать тепло на одной закладке дров твердотопливном котле можно на протяжении 8 часов.

Соответственно, суточная масса дров составит: 166,5 кг/з.

Определяем расход топлива на зиму по формуле (2):

$$V_{\text{год}} = 14985 \text{ кг/зима.}$$

Таким образом, проведенные расчёты показали, что пиролизный котел марки Vuderus Logano S171-50 для нужд отопления является более экономичным, чем твердотопливный котёл Defro KDR Plus 50, поскольку у первого расход сухих дров на зиму на 7005 кг меньше, чем у второго; эта разница составляет около 47 %.

Также можно отметить, что энергетический эффект от применения пиролизного котла был бы еще выше, учитывая сравнительно высокий КПД последнего по отношению к КПД непиролизных твёрдотопливных котлов. Данный аспект будет учтён в последующих статьях.

Кроме того, не стоит забывать и о экологических преимуществах пиролизных котлов, поскольку выброс вредных веществ в атмосферу при сжигании топлив в пиролизных котлах сведен до минимума.

Научный руководитель: к.т.н., доцент П.С. Панкратьев

Литература:

1 Семенов С. А. Расчет и контроль загрязнения атмосферы при работе котельных и ТЭС: учеб. пособие. – 3-е изд., перераб. и доп. – Братск: Изд-во: ФГБОУ ВО «БрГУ», 2008 - 156 с.

2 Роддатис К. Ф., Полтарецкий А. Н. Справочник по котельным установкам малой производительности / Под ред. К. Ф. Роддатиса. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 488 с.

3 Тугов А.Н., Исследование процессов и технологий энергетической утилизации бытовых отходов/ Под ред. Тугов А.Н. – М.: Москва, 2012. - 43 с.

Г.Р. Мустафина

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»
г. Казань, gulfia999@gmail.com

ПРОЦЕСС ПОЛУЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО ТОПЛИВА В БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКЕ

Производство биогаза анаэробной ферментацией органических отходов и побочных продуктов животного происхождения имеет много преимуществ. В первую очередь, сокращаются выбросы парниковых газов, что исключает пагубное воздействие на экологию и защищает от изменения климата, кроме того, стоит отметить сбережение ископаемого топлива.

Отдельный сбор и использование органических отходов в производстве может повлиять на сокращение объемов не утилизируемых отходов, следовательно, снижаются мощности мусоросжигательных заводов [1].

Главным преимуществом биогазовых технологий является возможность хранения энергии в виде биогаза в специальных резервуарах, и производить электроэнергию при необходимости.

Поэтому, идеальным решением для сельской местности с децентрализованной электросетью, но с достаточным количеством биомассы, то есть отходов скотоводства, фермерского и агропромышленного комплексов, выступает биогазовая установка. На рис.1 показаны выбросы от ферментации отходов и ископаемых видов топлива [2].

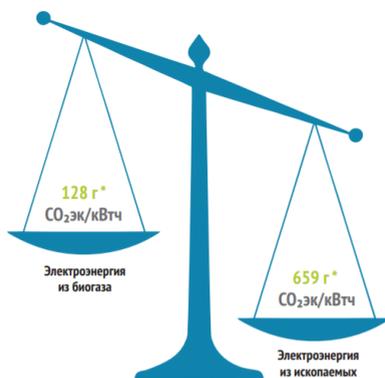


Рис.1. Выбросы от ферментации отходов и ископаемых видов топлива

Кроме возобновляемой энергии дополнительно производится питательные и богатые гумусом удобрения. Все питательные вещества, содержащиеся в исходном сырье, после обработки остаются в дигестате, с возможностью использования в качестве высокоэффективного удобрения. В итоге, смыкается круговорот углерода и питательных элементов. Дигестат, компосты – необходимые источники гумуса для повышения плодородия почвы, сохранения ее структуры, увеличения активности, совершенствования дыхания и удержания воды, а также для защиты от эрозии. Важно замещение удобрений с содержанием фосфора и калия из-за ограниченности таких ресурсов. В составе удобрений содержится кадмий и уран, что уже проблематично [3].

Вследствие, замены ископаемых энергоносителей и энергоемких минеральных удобрений сокращаются выбросы парниковых газов в атмосферу. Кроме того, за счет утилизации органических отходов уменьшаются площади полигонов с открытыми отстойниками, что исключает выбросы метана, защищая при этом экологическую обстановку.

Биологически чистое топливо представляет собой нейтрально-углеродную форму получения энергии, ввиду того, что по мере увеличения роста растений CO_2 из окружающей среды поглощается ими и принимает вид в виде углеродсодержащих молекул.

Процесс получения биотоплива состоит из 4 этапов, показанных на рис.2.

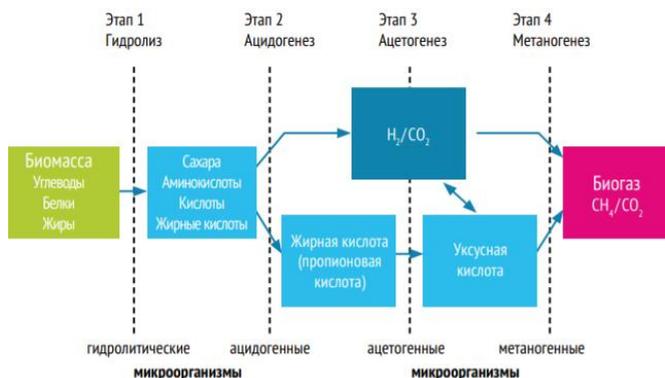


Рис.2. Процесс получения биогаза

В начальной фазе гидролиза сложные соединения разлагаются на более низкие по молекулярной массе органические соединения (аминокислоты, сахар, жирные кислоты) [5].

Из органических соединений после разложения выделяются гидролитические ферменты, которые биохимически разлагают материал вне микробных клеток. При ацидогенезе продукты превращаются в низшие жирные кислоты (пропионовая кислота, масляная кислота и уксусная кислота, а также в CO₂ и водород), которые являются побочными продуктами. В процессе ацетогенеза бактерии превращаются в кислоты (пропионовую и масляную), уксусную кислоту, водород и углекислый газ, являющиеся важным элементом для производства CH₄. При метаногенезе археи производят метан, соединяя водород с углекислым газом или расщепляя уксусную кислоту.

Но для получения высококачественной продукции необходимо обеспечить нормальный режим биореактора, обеспечивая герметичность резервуара. Поддерживать постоянный уровень температуры, не допуская резкого поднятия или снижения. Вести контроль за системой подогрева и устойчивую работу мешалок, и подачу сырья.

Научный руководитель: к.т.н., доцент А.Е. Кондратьев

Литература:

1. Мустафина, Г. Р. Эффективность использования биогаза / Г. Р. Мустафина // Тинчуринские чтения - 2021 "Энергетика и цифровая трансформация": Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 28–30 апреля 2021 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: Общество с ограниченной ответственностью Полиграфическая компания "Астор и Я", 2021. – С. 144-146.

2. Ибадов, А. А. Применение биогазовой установки для утилизации органических отходов молочного производства / А. А. Ибадов // Актуальные проблемы науки в студенческих исследованиях: Сборник материалов VII Всероссийской студенческой научно-практической конференции, Альметьевск, 11–12 мая 2017 года / Под общей редакцией С.В. Юдиной. – Альметьевск: Издательство "Перо", 2017. – С. 150-151.

3. Патент № 2422385 С1 Российская Федерация, МПК C02F 11/04. Установка для анаэробного сбраживания органических отходов с получением биогаза: № 2009144467/05: заявл. 30.11.2009: опубл. 27.06.2011 / А. Е. Кондратьев, Г. И. Павлов, С. Г. Борисов, А. Р. Загреддинов.

И.Н. Киреева, М.И. Погодаев
ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»,
г. Братск, bochkareva1201@gmail.com

ИЗОХОРНАЯ ТЕПЛОЕМКОСТЬ ХЛАДАГЕНТОВ И ИХ СМЕСЕЙ НА ЛИНИИ ФАЗОВОГО РАВНОВЕСИЯ

Применение в качестве рабочих веществ аммиака, эфиров, сернистого ангидрида из-за токсичности, коррозионной активности и пожароопасности не устраивает потребителей, которые используют холод для бытовых и производственных целей.

Требования Монреальского протокола по веществам, разрушающим озоновый слой инициировали поиски озонобезопасных рабочих веществ холодильной техники. Появились переходные хладагенты, которые представляют собой бинарные, тройные и даже четырехкомпонентные смеси известных озонобезопасных фреонов. Были синтезированы новые хладагенты с заранее заданными свойствами, основанные в основном на хладагентах R32, R125, R143a, R134a и другие, а в отдельных случаях к ним добавляют пропан, бутан, изобутан, эфиры [1].

В 2020 году в развитых странах доля отопления и горячего водоснабжения с помощью тепловых насосов составила 75%.

В России внедрение теплонасосных установок идет достаточно сложно. В основном устанавливаются машины большой мощности. Главной проблемой при внедрении теплонасосной установки является то, что в случае недостаточно глубокой проработки схемного решения, неудачного выбора параметров источника и потребителя теплоты и рабочего тела, машина не имеет нужной эффективности [2].

В связи с этим существенный интерес представляют исследования теплофизических свойств хладагентов, позволяющих повысить эффективность тепловых машин.

Поиск новых смесей базируется на бинарных композициях с веществами, имеющими существенно различные температуры нормального кипения, и на тройных смесях с промежуточными температурами для компонентов. Появление новых рабочих веществ потребовало исследования их теплофизических свойств.

Для смесей важны данные по фазовому равновесию жидкости и пара, P - V - T -измерения, измерения теплоёмкости смесей, свойств переноса газообразных смесей и растворов [3].

Анализ закономерностей термодинамических свойств хладагентов и возможных альтернативных смесевых вариантов хладагентов, важен при подборе теплоносителя, построении диаграммы и расчёта

параметров цикла и оптимизации функционирования холодильной машины (теплового насоса), получении расчётных данных об изохорной теплоёмкости хладагентов и их смесей в широкой области параметров состояния, включая критическую область.

Для хладагента R410A представлены значения изохорной теплоёмкости C_v' , C_v'' в интервале температур $T=223,15-323,15$ К (таблица 1, рисунок 1) и плотностей $\rho = 4,525 - 1339,760$ кг/м³. Температура кипения R410a $t_0=-51,52^\circ\text{C}$, критическая температура $T_K=345,27$ К, критическая плотность $\rho_K= 488,8$ кг/м³.

Таблица 1 – Термодинамические свойства хладагента R410A

T, К	ρ' , кг/м ³	ρ'' , кг/м ³	C_v' , кДж/кг·К	C_v'' , кДж/кг·К
228,15	1325,034	5,615	1,2636	0,5415
238,15	1294,44	8,434	1,2724	0,5183
248,15	1262,161	12,311	1,3265	0,4421
258,15	1227,896	17,545	1,3804	0,4601
268,15	1191,291	24,510	1,4876	0,4771
278,15	1151,860	33,695	1,5436	0,4410
288,15	1108,927	45,758	1,6566	0,5141
298,15	1061,480	61,642	1,7147	0,5321
308,15	1007,925	82,797	1,8508	0,6724
318,15	945,434	111,721	2,0834	0,8207
323,15	909,217	130,503	2,2446	0,8978

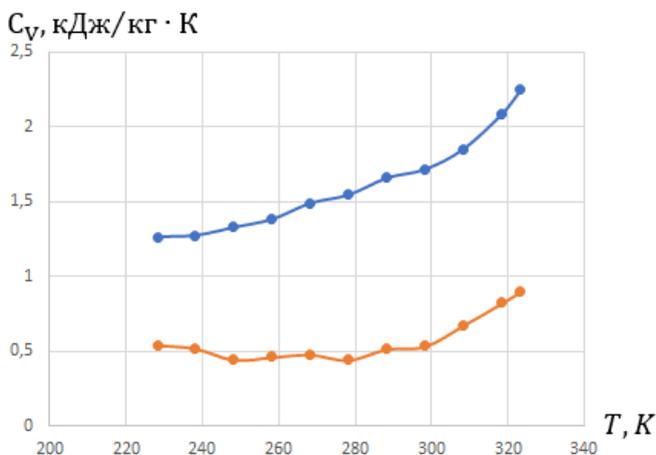


Рис.1. Теплоемкость хладагента R410A на линии фазового равновесия

Состав R410A (смесь хладагентов R125 + R32 в пропорции 50/50).
 Линия фазового равновесия хладагента R410A представлена на рисунке 2.

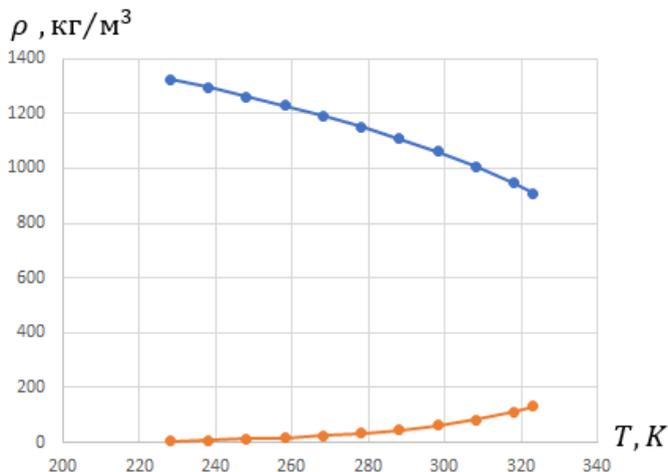


Рис.2. Кривая фазового равновесия хладагента R410A

Хладагент R410A – это неazeotropicная смесь двух фторуглеродов, то есть смесь, в которой каждое из веществ обладает собственными свойствами. Одним из основных недостатков неazeotropicных смесей может являться температурное скольжение, то есть изменение температуры кипения в процессе фазового перехода кипения или конденсации. Работа с фреонами, являющимися неazeotropicными смесями, требует выполнения определённых правил, игнорирование которых при эксплуатации установок может привести к ряду нежелательных последствий. Это связано в первую очередь с изменением концентрации входящих в смесь компонентов в процессе заправки холодильной системы фреоном, что в итоге сказывается на его термодинамических свойствах [4].

В отличие от хладагента R410A, хладагент R507 (смесь хладагентов R143a+R125 в пропорции 50/50) представляет собой смесь, близкую к azeotropicной, то есть смесь двух жидкостей, состав которой не меняется при кипении, другими словами – смесь с равенством составов равновесных жидкой и паровой фаз. Azeotropicная смесь R507 ведёт себя как обычный хладагент. В процессе фазового перехода (от пара к жидкости или от жидкости к пару) концентрация составляющих смесь фреонов в паре и жидкости остаётся постоянной.

Для хладагента R507 представлены значения изохорной теплоёмкости C_v' , C_v'' в интервале температур $T = 223,15 - 323,15$ К и изображены на рисунке 4 (таблица 2, рисунок 3), интервал плотностей $\rho = 4,846-1320,8$ кг/м³. Температура кипения R507 $t_0 = -47,2^\circ\text{C}$, критическая температура $T_K = 343,84$ К, критическая плотность $\rho_K = 488,8$ кг/м³.

Таблица 2 – Термодинамические свойства хладагента R507

T, К	ρ' , кг/м ³	ρ'' , кг/м ³	C_v' , кДж/кг·К	C_v'' , кДж/кг·К
228,15	1305,302	6,052	1,0310	0,2081
233,15	1289,483	7,484	1,1432	0,2306
238,15	1273,406	9,171	1,1210	0,1413
243,15	1257,045	11,146	1,2022	0,1924
248,15	1240,360	13,446	1,1691	0,1473
253,15	1212,310	15,110	1,2021	0,1002
258,15	1205,845	19,183	1,2681	0,1022
263,15	1187,910	22,716	1,411	0,1042
268,15	1169,438	26,765	1,313	0,1062
273,15	1150,352	31,398	1,2891	0,0540
278,15	1130,560	36,690	1,368	0,1102
283,15	1109,951	42,733	1,364	0,0560
288,15	1088,389	49,633	1,418	0,1142
298,15	1041,697	66,565	1,468	0,1182
308,15	988,508	89,008	1,579	0,1833
318,15	895,278	119,583	1,704	0,3156
323,15	887,851	139,411	1,785	0,3847

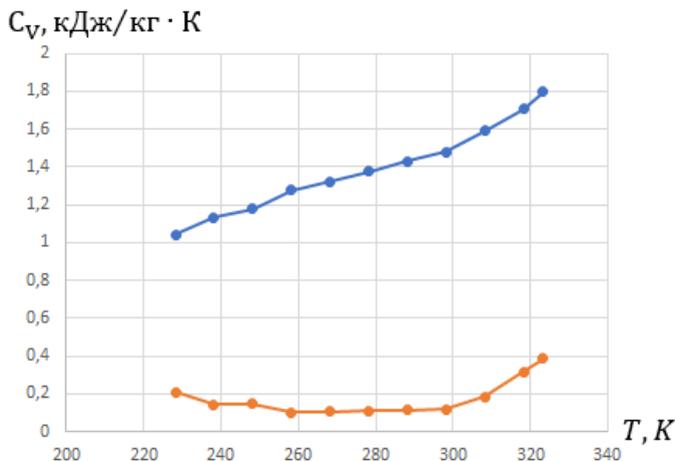


Рис.3. Теплоемкость хладагента R507 на линии фазового равновесия

Линия фазового равновесия хладагента R507 представлена на рисунке 4.

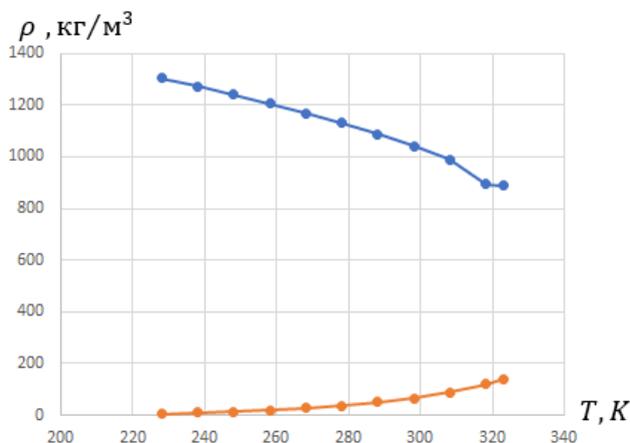


Рис.4. Кривая фазового равновесия хладагента R507

Исследования теплофизических свойств фреонов важны при подборе теплоносителя, построения фазовой диаграммы и расчёта параметров цикла, оптимизации функционирования холодильной машины или теплового насоса.

Научный руководитель: к.т.н., доцент В.Н. Федяева

Литература:

1. Цветков О.Б., Лаптев Ю.А. Поправки и корректировки монреальского протокола. Прогресс в области холодильных агентов. Проблемы теплофизики и теплообмена в холодильной технике. – СПб, 2020. - 11с.
2. Ермаков Ф.М. Моделирование и экспериментальное исследование теплонасосных установок на низкокипящих рабочих телах. - Казань. 2007. - 25 с.
3. Дворянчиков В.И., Рабаданов Г.А. Изохорная теплоёмкость и Т-р зависимость хладагентов и их смесей на линии фазового равновесия. - Журн. физ. химии. 2010. – 1009 с.
4. Дворянчиков В.И., Сефишаков С.А. Термодинамические свойства хладагентов R407A, R410A на линии фазового равновесия. - ДГТУ. 2011 – 104 с.

УПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Руководитель секции и.о. зав. кафедрой управление в технических системах, кандидат технических наук, доцент Т.А. Григорьева

А.М. Малых, Д.Э. Сар

ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»
г. Братск, da.ff.10@mail.ru

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РОБОТОТЕХНИКИ В РОССИИ

В данной статье произведена аналитика и представлена статистика роста числа промышленных роботов, выделены главные аспекты по автоматизации России, описаны проблемы, связанные с развитием отечественной роботизации и способы для их решения.

В последнее десятилетие в мире роботизация как тренд дает рождение новым областям информационных и роботизированных технологий. В связи с недавно образовавшейся эпидемиологической обстановкой в мире, роботы обрели ещё больший спрос и интерес предпринимателей и инвесторов к робототехнике как к способу сокращения рисков и повышения производительности.

Если раньше промышленные роботы были, в основном, ориентированы на автомобилестроение, то развитие технологий и возникновение персональных выводов привело к их функциональному введению в иных отраслях, в частности, здравоохранении, обороне, аэрокосмической промышленности, образовании, изготовлении товаров питания и напитков, бытовой техники и электроники и др.

Летом 2019 года правительства РФ и США почти одновременно забили тревогу — в обеих странах наблюдается беспрецедентный дефицит кадров. Работать на заводах, строить и поддерживать существующую инфраструктуру скоро будет некому, поэтому автоматизации рутинного грязного тяжелого труда оправдана как никогда.

Аналитики Фонда Росконгресс выделили основные тезисы исследования мирового рынка робототехники:

В отчете отмечается, что согласно данным IFR, с 2012 и до 2018 года мировой рынок промышленных роботов демонстрировал уверенный рост. В 2019 году новые инсталляции сократились на 11,6%, достигнув 373 тыс. штук.

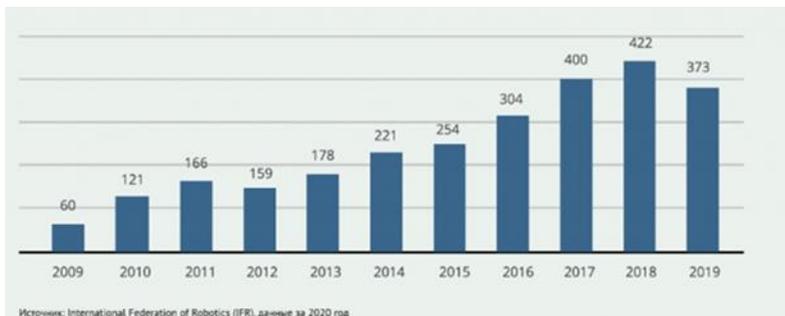


Рис.1. Объем и динамика мирового рынка промышленных роботов, тыс. единиц

Для оценки российского рынка робототехники в контексте мирового важен такой показатель как плотность роботизации, то есть количество роботов на 10 тыс. рабочих мест. В России по состоянию на 2019 год он равен 6, и это очень мало. В мире средний показатель плотности составляет 113 роботов, в Европе — 114, в США — 103, по Азии — 118. Лидеры по плотности роботизации: Сингапур — 918, Южная Корея — 855, Япония — 364, Германия 346, США — 228 и Китай 187.

С одной стороны, такая низкая база разочаровывает, с другой — делает развивающийся российский рынок привлекательным для многих производителей роботов, поскольку на зрелых рынках все ниши уже заняты.

В исследовании отмечается, что по оценкам IFR, российский рынок промышленных роботов в 2019 году оценивался в 1410 штук, что на 40% больше, чем годом ранее (в 2018 году — 1007 роботов). В 2018 году вырос на 42% по сравнению с предыдущим годом (в 2017 году — 713 роботов). Оценка рынка НАУРР (Национальной Ассоциации участников рынка робототехники) отличается от IFR. Так, ассоциация оценивала продажи роботов в 2018 году в 860 штук (+ 21% к их оценке за 2017 год).

При этом эксперты отмечают, что относительно высокие темпы прироста числа внедрений не позволяют нашей стране занять значимое место в отрасли: как объемы продаж, так и плотность роботизации находятся значительно ниже среднемирового уровня.

Крупнейшим потребителем робототехнических комплексов в России является автомобильная промышленность. Например, только в сварочном цехе российского завода Hyundai работают 180

промышленных манипуляторов, а в сентябре 2019 года компания АBB поставила на новый завод Naval в Тульской области более 70 роботов.

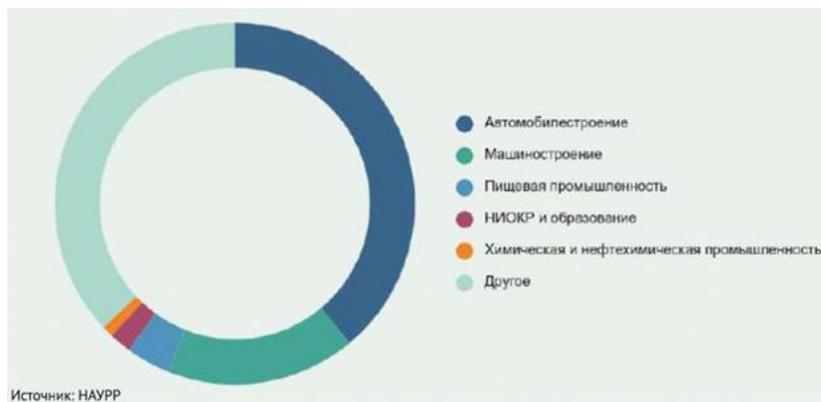


Рис.2. Структура рынка промышленных роботов в РФ в 2018 году

Авторы исследования отмечают, что в последние годы в отрасли российской робототехники происходят заметные подвижки. 5–6 лет назад отечественные производители промышленных роботов не были представлены на рынке, а в 2019 году было произведено 87 роботов и робототехнических систем на 145 млн рублей. Доля отечественных роботов на рынке составила 6%. Были разработаны дорожные карты развития отрасли, поставлены высокие цели достичь плотности роботизации в 40 роботов на 10 тыс. рабочих. Появилась программа поддержки роботизации.

Вместе с традиционным спросом в автомобильной и электронной промышленности, спрос на роботов зарождается в подобных отраслях, как пищевая и добывающая промышленность, сельское хозяйство, авиа- и судостроение, атомная энергетика и др. Для России данные отрасли одни из ключевых, поэтому появление специализированных решений и практики использования роботов в перечисленных отраслях могут стимулировать спрос на российском рынке.

Учитывая всё вышесказанное можно сказать, что необходимо:

1. выделить робототехнику в одно из ключевых направлений модернизации экономики России;
2. создать в рамках Комиссии по модернизации Рабочую группу по робототехнике;
3. открыть при Президенте России "Институт стратегического планирования научно-технического развития России".

Мировые лидеры в производстве робототехники уже конкурируют между собой на российском рынке, используя знания и опыт отечественных инженеров по робототехнике. Положение дел необходимо срочно менять: развивать отечественную робототехнику при помощи национальных проектов, которые должны приниматься и курироваться на федеральном уровне.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Д. С. Колтыгин

Литература:

1. Перспективы развития робототехники в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vc.ru/tech/122507-perspektivy-razvitiya-robototekhniki-v-rossii> Загл. экрана. (дата обращения 24.03.2022)
2. История КУКА: Автоматизация тогда и сегодня [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.kuka.com/ru-ru/компания/о-кука/история> - Загл. экрана. (дата обращения 27.03.2022)
3. Михайлова Л.В. Особенности развития российских машиностроительных предприятий на основе гибких производственных систем. Науч. тр. МАТИ - Рос. гос. технол. ун-т. 2014. № 7. С. 347-351.
4. Комков Н.И., Бондарева Н.Н. Перспективы и условия развития робототехники в России //МИР (Модернизация. Инновации. Развитие).2016. № 2
5. НАУРР — главная площадка развития робототехники в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://robotunion.ru> Загл. экрана. (дата обращения 24.03.2022)
6. World Robotics – Industrial Robots: Robot Sales Rise Again [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ifr.org> Загл. экрана. (дата обращения 24.03.2022)

А.Ю. Баева

*ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»
г. Братск, alinamal789@gmail.com*

СОЗДАНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА MasterSCADA

MasterSCADA - вертикально-интегрированная SCADA-система с многоуровневой клиент-серверной архитектурой. В качестве наглядного обзора ее возможностей было осуществлено создание учебного проекта по автоматизации процесса подачи жидкости из накопительных баков в емкости для перемешивания и последующего использования. Работа в данной системе происходит в единой

интуитивно понятной среде, состоящей из древовидного проекта, палитры библиотечных элементов и окна редактирования документов и свойств.

Внутри MasterSCADA реализована технология OPC, способствующая унификации механизмов взаимодействия программного обеспечения систем управления с аппаратурой этих систем. В рамках этой технологии OPC-серверы собирают данные от контроллеров и предоставляют их OPC-клиентам.

Основными свойствами системы является модульность, тиражируемость и объектный подход к разработке. Объект в MasterSCADA — это основная единица разрабатываемой системы, соответствующая реальному технологическому объекту, управляемому разрабатываемой с помощью MasterSCADA системой. Каждый объект имеет набор свойств и документов. Допускается многократное использование одного и того же объекта со всеми созданными для него документами, в том числе при разработке различных систем. Если объект объявлен шаблоном, то все (или частичные) изменения в шаблоне могут быть перенесены в экземпляры (наследники) объекта. Такой подход ускоряет создание и отладку проектов.

Необходимо было создать объект управления, который состоит из трех баков с разными жидкостями, четырех аппаратов и вспомогательного оборудования. Каждый аппарат представляет собой емкость с мешалкой, в которую через клапан заливаются жидкости из баков в заданной пропорции. После наполнения емкостей запускается перемешивание и нагрев от электрических нагревателей. Процесс длится заданное оператором время. После завершения смесь перекачивается насосом на розлив.

Каждый проект в MasterSCADA начинается с создания дерева системы. По нему можно определить, какую архитектуру реализовал разработчик, какое количество компьютеров будут взаимодействовать в системе, какой способ был выбран для подключения внешних устройств и модулей ввода/вывода, какое количество внешних сигналов MasterSCADA будет обрабатывать. На рисунке 1 представлено дерево системы проекта. Оно начинается с элемента «Компьютер» (переименованного в «Оператор»), который может содержать элементы, отражающие реальные устройства, с которыми взаимодействует SCADA-система, установленная на данном реальном компьютере: контроллер, модуль ввода/вывода, OPC-сервер, база данных и т.д. В результате добавления в «Компьютер» OPC-сервера в дерево системы появляются переменные, которые связывают реальный

технологический объект с его виртуальным отображением в создаваемой системе автоматизации.

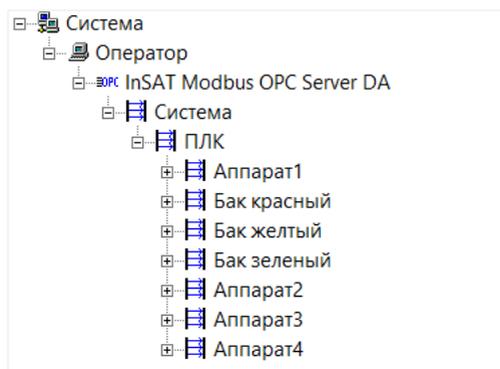


Рис.1. Дерево системы проекта

Так как в MasterSCADA реализован объектно-ориентированный подход, для каждого отдельного аппарата или бака создан отдельный элемент, который хранит в себе переменные, описывающие их технологические параметры, состояние исполнительных механизмов, а также переменные для управления: задание количества жидкости, запуска, остановки и состояние процесса, а также режима работы – ручного или автоматического. На рисунке 2 отображено содержимое элемента «Аппарат1» в дереве системы.

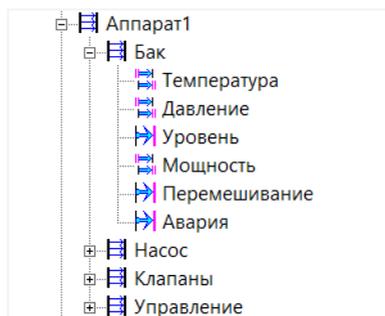


Рис.2. ООП подход в дереве системы

Далее создается дерево объектов. Объект в MasterSCADA — это основная единица разрабатываемой системы, соответствующая реальному технологическому объекту, управляемому разрабатываемой

системой автоматизации. Объект может внутри себя содержать другие объекты, а также переменные и функциональные блоки. Любой из объектов MasterSCADA имеет свойства и документы, представляющие его для оператора. Можно создавать свои окна с динамической графикой (мнемосхемы), графики изменения параметров во времени (тренды), отчеты, журналы сообщений и другие документы. На рисунке 3 представлено содержание того же объекта «Аппарат1», только уже в дереве объектов.

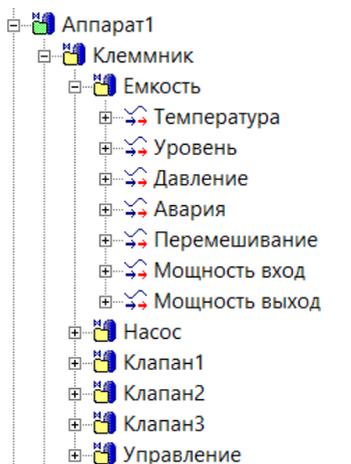


Рис.3. ООП подход в дереве объектов

Таким образом, разбив реальный технологический объект на подэлементы, для каждого из этих подэлементов создали свои объекты в MasterSCADA, тем самым мы получили 3 бака с разными жидкостями и 4 аппарата для перемешивания. Данные элементы входят в состав одного объекта под названием «Участок», который включает в себя главную мнемосхему проекта (рисунок 4).

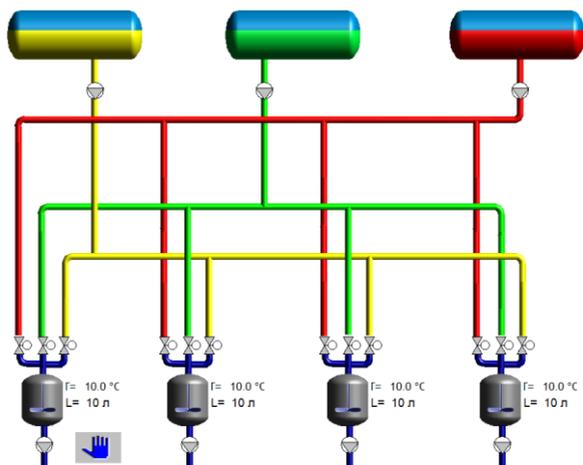


Рис.4. Главная мнемосхема проекта

Для того, чтобы отобразить на мнемосхеме баки, необходимо было просто перенести их из дерева объектов на поле создания мнемосхемы. А для того, чтобы отобразить аппарат, необходимо было создать отдельное изображение, которое отображает состояние всех включенных в него элементов (рисунок 5), а потом уже добавить его на главную мнемосхему. Между аппаратами и баками развели трубопроводы.

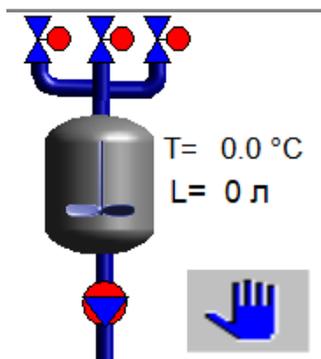


Рис.5. Изображение аппарата

На изображении расположены текстовые индикаторы, отображающие температуру и уровень жидкости. При помощи

изображения также можно управлять объектом. Если из главной мнемосхемы нажать на одно из изображений аппаратов, то можно перейти на отдельную для него мнемосхему, где можно отследить параметры его работы, например, с помощью тренда. А также можно задать необходимые уставки или выбрать режим работы (ручной или автоматический). Данная мнемосхема представлена на рисунке 6.

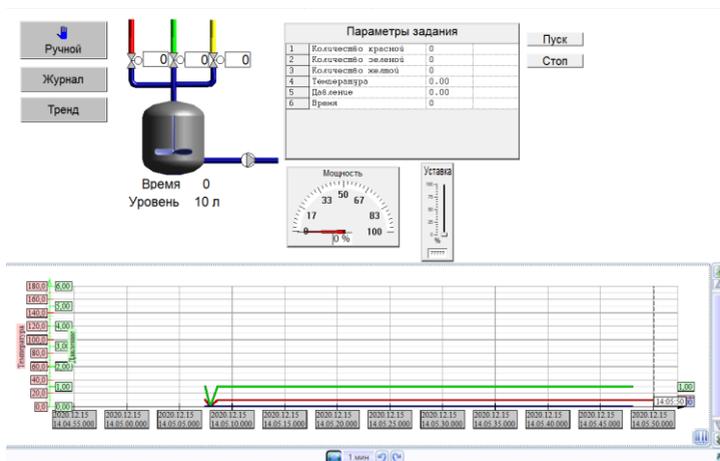


Рис.6. Мнемосхема для аппарата

Таким образом, в результате создания учебного проекта в MasterSCADA, были рассмотрены основные возможности данного программного комплекса.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Т.А. Григорьева

Литература:

- 1 MasterSCADA. Основы проектирования. / Методическое пособие. – М.: Компания «ИнСАТ», 2017. – 224 с., ил.
- 2 MasterSCADA. Версия 3.X./ Руководство пользователя. - М.: Компания «ИнСАТ», 2017. – 573с.
- 3 MasterSCADA 3.X. Компания «ИнСАТ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://insat.ru/>

А.Ю. Баева, А.А. Дунаева, А.М. Ламбина
ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», МБОУ «СОШ №45», г. Братск, *alina839292@gmail.com, sasha89501253503@gmail.com*

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В СИСТЕМЕ ОТОПЛЕНИЯ ШКОЛЫ

Вопрос экономии и разумного потребления ресурсов затрагивает практически каждую сферу деятельности человека. Государственные образовательные организации являются хоть и некоммерческими, но способ сокращения финансовых затрат там, где это возможно реализовать, может позволить перераспределить сэкономленные средства на развитие приоритетных направлений сферы образования. Например, на закупку современного оборудования для оснащения учебных классов.

В данной работе мы исследуем вариант сокращения коммунальных затрат школы №45 города Братска, путем внедрения системы автоматического регулирования температуры (САРТ) теплоносителя в системе отопления школы.

Во время потепления отопительные батареи в здании продолжительное время остаются такими же горячими, как и при более низкой температуре за окном. Это происходит потому, что централизованная система отопления характеризуется инерционностью: коррекция температуры теплоносителя на источнике тепла производится с некоторым отставанием от погодных условий.

Это приводит к тому, что людям приходится открывать окна, чтобы обеспечить себе комфортные условия, тогда тепло, за которое мы платим, уходит в окно. Здесь мы видим источник для экономии энергоресурсов, а, следовательно, и денежных ресурсов.

Также достичь этой экономии можно путем использования полной мощности отопления только во время рабочего режима здания.

Для экономии на теплопотреблении предлагается установить в индивидуальном тепловом пункте здания САРТ. Эта система регулирует теплопотребление путём увеличения или уменьшения потока теплоносителя в здание в зависимости от его реальных потребностей в данный момент времени.



Рис.1. Реализация САРТ

Для наглядности экономии произведем расчет затрат на отопление с применением САРТ, в зависимости от режима работы школы. Далее сравним их с затратами без САРТ.

1. В первую очередь необходимо рассчитать тепловую нагрузку на отопление здания, Q , по формуле:

$$Q = V_{пом} q * k \quad (1)$$

где Q – искомая величина нагрузки, Вт; $V_{пом}$ – суммарный объем помещения, m^3 ; q – удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период, кВт ч/ $(m^3 \text{год})$; k – коэффициент, учитывающий климат в районе проживания. Для умеренного климата принимается $k = 1$.

Согласно [1]:

$$q = 0,024 * ГСОП * q_{от}^p \quad (2)$$

где ГСОП – градусо-сутки отопительного периода, $^{\circ}C * \text{сут/год}$; $q_{от}^p$ – расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания, $Вт/m^3 * ^{\circ}C$;

$$ГСОП = (t_{в} - t_{от}) * z_{от} \quad (3)$$

где: $t_{от}$ – средняя температура наружного воздуха, $^{\circ}C$; $z_{от}$ – продолжительность отопительного периода, сут./год; $t_{в}$ – расчетная температура внутреннего воздуха здания, $^{\circ}C$.

Согласно [2], $z_{от} = 252$ сут./год, $t_{от} = -7,3$ $^{\circ}C$ для нашего города в 2021 году.

$$Q_{полн} = Q_{общ} + Q_{спорт.зала} \quad (4)$$

Обусловлено (4) различием регламентированных температур внутреннего воздуха $t_{в}$ для данных помещений.

Тогда, исходные данные для расчета $Q_{общ}$:

– Объем всего помещения без спортивного зала: $V_{общ} = 21655,92$ m^3

– $q_{от}^p = 0,371$ $Вт/m^3 * ^{\circ}C$ [1]

– $t_{в} = 24$ $^{\circ}C$ [4]

Исходные данные для расчета $Q_{\text{спорт.зала.}}$:

– Объем спортивного зала: $V_{\text{с.зала}} = 3424,2 \text{ м}^3$

– $q_{\text{от}}^p = 0,359 \text{ Вт/м}^3 \cdot \text{°C}$ [1]

– $t_{\text{в}} = 20 \text{ °C}$ [3]

Для наших расчетов мы принимаем $q_{\text{от}}^p$, равный нормируемому (базовому) значению, который соответствует типу и этажности нашего здания. [1]

Расчет $Q_{\text{общ.}}$:

$$\text{ГСОП} = (24 - (-7,3)) * 252 = 7887,6 \text{ (°C} * \frac{\text{сут}}{\text{год}}) \quad (5)$$

$$q = 0,024 * 7887,6 * 0,371 = 70,231 \text{ (кВт} * \frac{\text{ч}}{\text{м}^3 \text{год}}) \quad (6)$$

$$Q_{\text{общ}} = 21655,92 * 70,231 * 1 = 1520916,91752 \text{ (кВт)} \quad (7)$$

Расчет $Q_{\text{спорт.зала.}}$:

$$\text{ГСОП} = (20 - (-7,3)) * 252 = 6879,6 \text{ (°C} * \frac{\text{сут}}{\text{год}}) \quad (8)$$

$$q = 0,024 * 6879,6 * 0,359 = 59,28 \text{ (кВт} * \frac{\text{ч}}{\text{м}^3 \text{год}}) \quad (9)$$

$$Q_{\text{с.зала.}} = 3424,2 * 59,28 * 1 = 202\,986,576 \text{ (кВт)} \quad (10)$$

$$Q_{\text{полн}} = 1\,520\,916,91752 + 202\,986,576 = 1\,723\,903,49 \text{ (кВт)} = 1\,482,290189166 \text{ (} \frac{\text{ГКал}}{\text{час}}) \quad (11)$$

2. Полученное значение требуемой нагрузки на отопление здания переводим рубли по тарифному плану:

Тариф: 1130,66 руб. за ГКал/час

$$1\,482,290189166 * 1130,66 = 1\,675\,966,21 \text{ руб} \quad (12)$$

3. Далее подсчитываем $Q_{\text{полн}}$ после введения в работу САРТ

САРТ будет понижать внутреннюю температуру воздуха в нерабочие часы школы до минимально допустимой $t_{\text{в}} = 15 \text{ °C}$, согласно [3].

Понижать температуру необходимо за час до завершения рабочего дня, а повышать, за час до начала.

Рабочий режим школы: с 07:00 до 21:00. Тогда 14 часов в сутки поддерживается максимальная температура, а 10 часов – минимальная.

Также учитываем полностью нерабочий день воскресенье – это еще 24 часа в неделю $t_{\text{в}}$ минимальная.

Тогда $t_{\text{в}} = 20 \text{ °C}$ составляет 49% (123 суток) от отопительного периода, а $t_{\text{в}} = 15 \text{ °C}$ – это 51% (129 суток).

Введя новые исходные данные в расчет, получим:

$$Q_{\text{полн}} = 1\,481\,787,32 \text{ (кВт)} = 1\,274,10776 \text{ (} \frac{\text{ГКал}}{\text{час}}) \quad (13)$$

4. Полученное значение требуемой нагрузки на отопление здания переводим в рубли по тарифному плану:

$$1\,274,10776 * 1130,66 = 1\,440\,582,68 \text{ руб} \quad (14)$$

5. Проводим расчет экономии:

$$1\ 675\ 966,21 - 1\ 440\ 582,68 = 235\ 383,53 \text{ руб} \approx 14,05\% \quad (15)$$

Проанализировав рынок, выявили, что в среднем цена на готовое решение варьируется от 200 до 300 тыс. руб., в зависимости от стоимости комплектующих и монтажа. Тогда окупаемость, согласно нашему расчету, составит 1-1,5 отопительного периода.

Таким образом, за счет применения САРТ, работающей только в зависимости от режима работы школы, удастся сэкономить 14,05 % средств на коммунальные затраты. Если к данной системе добавить еще регулирование от внешней температуры воздуха и провести работы по улучшению теплоизоляции здания, то можно сэкономить до 40-60% денежных средств.

Научный руководитель: к.т.н. А.Д. Ульянов.

Литература:

1. СНИП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» официальное издание

М.: Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2004;

2. Климатический справочник России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://climate-energy.ru>

3. СанПиН 2.4.2.2821-10 "Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях"

Р.М. Билалов

*ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»
г. Братск, ruslan.bilalov1@mail.ru*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Датчики давления предоставляют наиболее важную информацию о технологическом процессе и обеспечивают безопасность его протекания. Список измеряемых этими приборами параметров не ограничивается только давлением и перепадом давления - уровень жидкостей и расход жидкостей и газов также может быть измерен приборами давления.

Сравнительный анализ характеристик представлен для различных модификаций преобразователей давления Rosemount (табл.1).

Таблица 1. Преобразователи давления Rosemount.

Сравнительные характеристики	Rosemount 3051 SMV	Rosemount 3051 S	Rosemount 3051	Rosemount 2051
Тип измеряемого давления	Давление, температура, вычисление массового расхода, объемного расхода, расхода тепловой энергии	Разность давлений, избыточное, разрежение, абсолютное, гидростатическое	Разность давлений, избыточное, разрежение, абсолютное, гидростатическое	Разность давлений, избыточное, разрежение, абсолютное, гидростатическое
Диапазон температур измеряемой среды, °С	от -40 до 121 от -40 до 149 (с клапанным блоком или фланцем уровня)	от -40 до 121 от -40 до 149 (с клапанным блоком или фланцем уровня) от -128 до 410 (в сборе с выносными мембранами 1199)	от -40 до 121 от -40 до 149 (с клапанным блоком или фланцем уровня) от -128 до 370 (в сборе с выносными мембранами 1199)	от -40 до 149 (с клапанным блоком или фланцем уровня) от -128 до 370 (в сборе с выносными мембранами 1199)
Основная приведенная погрешность датчика. %	разности давлений ±0,04; ±0,025; ±0,055	±0,025 (опция) ±0,035 ±0,055	±0,04 ±0,065	±0,05 (опция) ±0,065
Диапазон перенастройки пределов измерений	max 200:1 (измерение давления) max 14:1 (измерение расхода)	200:1 150:1	150:1 100:1	100:1
Минимальное время отклика	60 мс	100 мс	100 мс	100 мс
Материал мембраны	Нерж.сталь 316L, Hastelloy (сплав C-276), Monel (сплав 400), Тантал. Позолоченный Monel (сплав 400), Позолоченная нерж.сталь 316L		Нерж.сталь 316L Hastelloy (сплав C-276)	
Сравнительные характеристики	Rosemount 3051 SMV	Rosemount 3051 S	Rosemount 3051	Rosemount 2051

Выходной сигнал	4-20 мА /HART	4-20 мА /HART Foundation Fieldbus Wireless HART	4-20 мА /HART Foundation Fieldbus, Profibus, Wireless HART, 1-5 В /HART (0,8-3,2 В/HART)	4-20 мА/HART Foundation Fieldbus Profibus, Wireless HART 1 -5 В/HART
Степень пылевлагозащиты	IP68 IP66	IP68 IP66	IP68 IP66	IP68* IP66
Виды исполнений по взрывозащите	Exia Exd	Exia Exd (кроме Wireless HART)	Exla Exd (кроме Wireless HART)	Exla Exd (кроме Wireless HART)
Диагностика	Самодиагностика	Самодиагностика. Диагностика мониторинга процесса. Диагностика закупорки импульсных линий. Диагностика целостности токовой цепи	Самодиагностика. Диагностика целостности токовой цепи	Самодиагностика
Сравнительные характеристики	Метран-150	Rosemount 2088	Метран-75	Метран-55
Тип измеряемого давления	Разность давлений Избыточное Разрежение Абсолютное	Избыточное Разрежение Абсолютное	Избыточное Разрежение Абсолютное	Избыточное Разрежение Абсолютное
Сравнительные характеристики	Rosemount 3051 SMV	Rosemount 3051 S	Rosemount 3051	Rosemount 2051

Диапазон температур измеряемой среды, °С	от -40 до 85 от -40 до 120 от -40 до 149 (с клапанным блоком или фланцем уровня) от -75 до 370 (в сборе с выносными мембранами 1199)	от -40 до 121 от -40 до 149 (с клапанным блоком) от -128 до 370 (в сборе с выносными мембранами 1199)	от -40 до 149 (с клапанным блоком)	от -40 до 70
Основная приведенная погрешность датчика. %	±0,075 ±0,2 (опция)	±0,065 (опция) ±0,075	±0,1 (опция) ±0,2 (опция) ±0,5	±0,1 (опция) ±0,2 (опция) ±0,5
Диапазон перенастройки пределов измерений	100:1 50:1	50:1	20:1	20:1
Минимальное время отклика	100 мс	145 мс	160 мс	500 мс
Материал мембраны	Нерж. сталь 316L, Hastelloy (сплав C-276), Тантал	Нерж. сталь 316L, Hastelloy (сплав C-276)	Нерж. сталь 316L	Титановый сплав
Выходной сигнал	4-20 мА/HART 0-5 мА	4-20 мА /HART 1-5 В/HART (0,8-3,2 В/В)	4-20 мА	4-20 мА 0-5 мА
Степень пылевлагозащиты	IP66	IP66	IP66	IP65
Виды исполнений по взрывозащите	Exia Exd	Exia Exd	Exia Exd	Exia Exib Exd
Диагностика	Самодиагностика	Самодиагностика	Самодиагностика	Самодиагностика при старте

Как показывает практика, только тщательный, комплексный подход к выбору измерительных преобразователей, учитывающий разнообразные аспекты проектирования, позволяет создавать сбалансированные по точности и стоимости системы автоматического регулирования технологических параметров, имеющие конкурентные преимущества на рынке современной электронной техники.

Научный руководитель: доцент В.Н. Толубаев.

Литература:

1. Толубаев В. Н. Технические средства автоматизации: учебное пособие. – Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2010. – 260 с.
2. Каталог промышленной группы Метран «Датчики давления» выпуск 2022, электронная редакция

Р.М. Биалов

*ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»
г. Братск, ruslan.bilalov1@mail.ru*

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ДАВЛЕНИЯ ВОДОРОДА В КОЛЛЕКТОРЕ ЦЕХА №1 ХЛОРНОГО ЗАВОДА

Целью создания САР давления водорода в коллекторе является:

- значительное сокращение доли ручных операций при реализации технологического процесса подготовки водорода в трубопроводе;
- повышение надёжности работы участка подготовки водорода за счёт уменьшения вероятности ошибочных действий персонала;
- повышение экономичности и качества работы участка подготовки водорода за счёт автоматического контролируемого соблюдения технологических режимов.

Для регулирования объектов, регулируемые величины которых связаны через общие регулирующие воздействия, могут применяться две структурные схемы:

- схема независимого регулирования, когда между регуляторами отдельных величин отсутствуют специальные перекрёстные связи (но выбор закона регулирования каждого регулятора производится с учётом перекрёстных связей в объекте);
- схема связанного регулирования, когда между объектами устанавливаются перекрёстные связи.

Структурная схема выбранной АСУ ТП представлена на рис. 1.

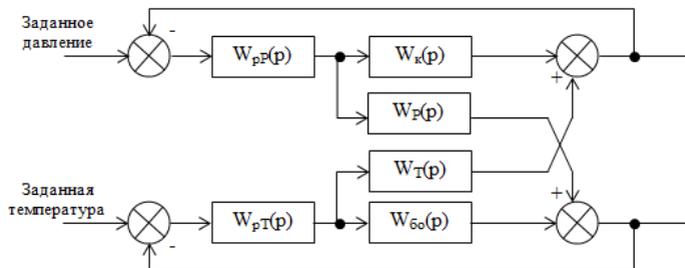


Рис.1. Многосвязная структурная схема.

$W_{pP}(p)$ – передаточная функция регулятора температуры;

$W_{pT}(p)$ – передаточная функция регулятора давления;

$W_k(p)$ – передаточная функция объекта (компрессор);

$W_{oo}(p)$ – передаточная функция объекта (башня охлаждения);

$W_p(p)$ – передаточная функция влияния контура регулирования давления на контур регулирования температуры;

$W_T(p)$ – передаточная функция влияния контура регулирования температуры на контур регулирования давления.

Функции нижнего уровня САР:

При разработке алгоритмического обеспечения промышленного контроллера перед авторами ставилась задача минимизировать степень участия человека-оператора в управлении технологическим процессом. В результате реализации такого подхода система работает в автоматическом режиме, оставляя оператору только те функции, которые не могут быть выполнены имеющимися техническими средствами (например, измерение ряда качественных показателей технологического процесса) либо требуют взаимодействия с другими цехами предприятия.

Программа, исполняющаяся на контроллере, решает следующие задачи: опрос датчиков, первичная обработка аналоговых сигналов, реализация управления исполнительными устройствами.

Средний уровень АСУ реализуется с помощью регулятора JUMO cTRON 04.

Регулятор JUMO cTRON 04 – программируемый прибор, предназначенный для регулирования температуры, давления и других переменных процессов. Основные области применения: термостаты, приборы для регулирования температуры, системы охлаждения, сушильные и морозильные установки, печи, стерилизаторы в пищевой и химической промышленности и в промышленности упаковочных материалов.

Математическое обеспечение:

Само математическое моделирование – это процесс установления соответствия данному реальному объекту некоторого математического объекта – математической модели.

В настоящее время математические модели используются очень широко в разных областях: ТАУ, статистике, медицине, геологии, метеорологии и др.

Достоинства математических моделей:

а) возможность быстро провести ряд экспериментов на математической модели с целью поиска оптимального технологического режима или максимально достоверного прогноза при минимальных затратах времени и материальных ресурсов. В практике эксплуатации на эти опыты ушли бы годы и десятилетия;

б) возможность на модели задать условия эксплуатации, невозможные в реальности, для проверки оптимальных режимов;

в) математическая модель по разработанным методикам (метод круглого восхождения, градиентный метод и др.) позволяет быстро найти оптимальные условия ведения технологического процесса.

Математическая модель – чаще всего это или одно уравнение математической взаимосвязи выходного сигнала объекта (системы) с входным, или система уравнений взаимосвязи выходных сигналов с входными. Так для одномерного (один вход и один выход) динамического объекта (системы) это дифференциальное уравнение связи выхода с входом или его передаточная функция, которую получают из дифференциального уравнения путём преобразования Лапласа (рис. 2).

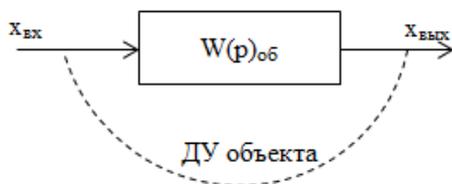


Рис.2. Схема исследований объекта управления.

Для многомерного объекта (несколько входных и выходных сигналов) математическая модель может быть задана в матричной форме (рис. 3).

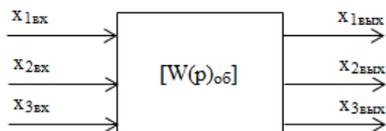


Рис.3. Схема исследования многомерного объекта.

Внедрение автоматизированной системы регулирования давления водорода позволит достичь следующих результатов:

- обеспечение оперативного технического учёта произведенного водорода газообразного;
- создание возможности ретроспективного анализа технологических режимов и получения наиболее рационального регламента ведения процесса;
- обеспечение поддержания стабильного качества водорода газообразного.

Научный руководитель: доцент В.Н. Толубаев.

Литература:

1. Проектирование автоматизированных систем. Учебное пособие. – В.Н. Толубаев, Братск, 2017
2. Моделирование инженерных систем и технологических процессов. Учебное пособие. – П.Д. Чельшков, А.В. Дорошенко, А.А. Волков, Издательство МИСИ, 2016
3. Программное обеспечение систем управления. Учебное пособие. – Н.В. Осипова, МИСиС, 2019

А.А. Благирев

*ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»
г. Братск, blagirev@icloud.com*

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОДШИПНИКОВ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ НА ТЭЦ-6

Основное назначение асинхронного электродвигателя – преобразование электрической электроэнергии в механическую. Данный процесс неизбежно сопровождается выделением тепла и, как следствие, нагревом электродвигателя. Повышенная температура в меньшей степени несёт вред для металлических конструкций электродвигателя и в большей степени для изоляции обмоток,

собственно, предельная рабочая температура электродвигателя определяется нагревостойкостью изоляции. [1]

Для нормальной работы электродвигателя ленточного конвейера на ТЭЦ-6 необходимо поддерживать температуру подшипников в пределах 100⁰С. Поэтому предусмотрена специальная система охлаждения в виде независимого вентилятора, которая позволяет облегчить тепловой режим электродвигателя, путем обдува корпуса потоком воздуха. Такой способ охлаждения применяется в случаях, когда необходимо принудительно обеспечить обдув электродвигателя вне зависимости от частоты вращения вала двигателя, а также когда стандартной самовентиляции мотора недостаточно для его эффективного охлаждения. При увеличении температуры подшипников контроллеру необходимо подавать сигнал на преобразователь частоты и увеличивать скорость вращения осевого вентилятора, тем самым увеличивать приток воздуха на охлаждение [2].



Рис.1. Структурная схема автоматизации.

где З – задающее устройство; ЭС – элемент сравнения; УУ – контроллер; Р – регулятор (контроллер); Регулирующий орган - вентилятор; Объект управления – подшипник электродвигателя; Измерительное устройство – датчик температуры.

В результате идентификации объекта управления, получили его передаточную функцию:

$$W(p) = \frac{50 \cdot e^{-8,3p}}{308,35p^2 + 21,32p + 1} \quad (1)$$

Совместив переходную характеристику разомкнутой системы, построенную по данной передаточной функции, с расчетной переходной характеристикой (рис.2), выявили, что математическая модель получена достаточной точной.

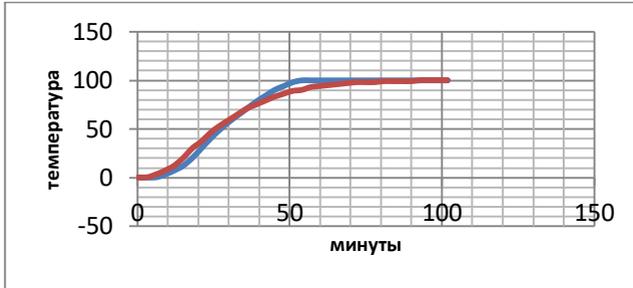


Рис.2. Графики расчетной и экспериментальной характеристики.

На основе полученной передаточной функции и требуемых условиях протекания аperiodического технологического процесса был выбран тип регулятора: по характеру и роду действия – непрерывный; по конструктивно-техническому исполнению – электрический. [3]

Для выбора закона регулирования необходимо найти соотношения:

$$\frac{\tau_{об}}{T_{об}} = \frac{8,3}{21,32} = 0,38 \quad (2)$$

где $\tau_{об}$ - время запаздывания, $T_{об}$ - постоянная времени

$$\frac{t^*}{\tau_{об}} = \frac{100}{8,3} = 12,1 \quad (3)$$

где t^* - время протекания переходного процесса

На пересечении двух линий на номограмме (рис.3) найденных соотношений попадаем в область ПИ-закона регулирования.

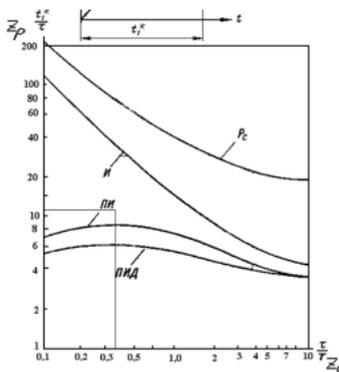


Рис.3. Номограмма.

Оптимальная переходная характеристика замкнутой системы (рис.4) была получена методом автонастройки с помощью

программного обеспечения Simulink, являющегося приложением к пакету Matlab. Настраиваемые параметры: $P=0.004$, $I=0.0004$.

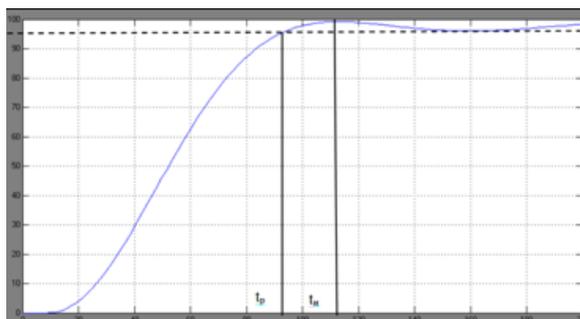


Рис.4. Переходная характеристика замкнутой системы на выходе системы.

Выбор настроечных параметров был сделан исходя из показателей качества регулирования, так как значение времени переходного процесса (93 мин.) и значение времени нарастания (113 мин.) оказались самыми оптимальными.

Для технического обеспечения данной системы автоматизации произведем подбор оборудования.

В качестве датчика температуры подшипников наиболее всего подходит Метран 274. Подходит для агрессивных сред с высокой температурой измеряемой среды. Чувствительный элемент первичного преобразователя и встроенный в головку датчика измерительный преобразователь преобразуют измеряемую температуру в унифицированный выходной сигнал постоянного тока, что дает возможность построения АСУТП без применения дополнительных нормирующих преобразователей. Диапазон температур от -50°C до 150°C .

В качестве регулятора оптимальным вариантом является ПЛК110-30-MS4[M02] фирмы ОВЕН.[4] Подходит для автоматизации средних систем. Преимуществом является совместимость с исполнительной средой MasterSCADA 4D, широко распространенной в АСУ ТП предприятия ТЭЦ-6.

В результате, был рассмотрен вариант автоматизации контроля температуры подшипников электродвигателей ленточных конвейеров на ТЭЦ-6. Была найдена передаточная функция объекта, подобран закон регулирования и оптимальные параметры регулятора. Также предложен вариант технического обеспечения процесса автоматизации.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Т.А. Григорьева

Литература:

1. Электродвигатели асинхронные взрывозащищенные [Электронный ресурс]. Режим доступа - http://www.artr.ru/Motor/ArmaTrade_Motor_SinhVzr/ArmaTrade_Motor_SinhVzr_STD.htm – (Дата обращения 09.04.2022)
2. Автоматизация технологических процессов [Электронный ресурс]. – Режим доступа - <http://www.elesy.ru/scada-infinity.aspx>. – (Дата обращения 09.04.2022)
3. Григорьева, Т.А. Параметрический синтез локальных систем автоматического управления: Методические указания / Т.А. Григорьева - Братск: БрГУ, 2008. - 33с.
4. Каталог продукции ОВЕН [Электронный ресурс]. – Режим доступа - https://owen.ru/product/plk110_ms4_m02. – (Дата обращения 10.04.2022)

Е.Н. Дудин

*ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»
г. Братск, Ekwalipt2014@yandex.ru*

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ НАСОСНОЙ ТЕЛА ПЛОТИНЫ БГЭС

Идентификация - один из методов познания действительности, заключающийся в сопоставлении мысленного образа с объектом действительности, то есть его узнаванием. Задачей идентификации является представление реального объекта управления в виде математической модели. Конкретный выбор математической модели зависит от типа объекта.

В настоящее время понятие модели используется во многих областях науки и техники, занимающихся решением сложных задач технологии, экономики, социологии, живой природы и прочих. Эти задачи возникают при изучении свойств и особенностей объектов с целью последующего управления, при создании адаптивных систем, в которых на основе построенной модели объекта вырабатываются оптимальные управляющие воздействия.

Различные типы моделей рассматриваемых объектов, систем или процессов используются на стадии создания систем управления этими объектами и на стадии их эксплуатации. Это обуславливает актуальность проблемы построения эффективных моделей объектов технических, технологических, экономических или социальных процессов.

Построение математических моделей того или иного типа на основе результатов наблюдений за поведением объектов и исследование их свойств составляет основное содержание процесса идентификации.

Идентификация — установление тождественности неизвестного объекта известному на основании совпадения признаков.

Для идентификации объекта управления с нисходящей переходной характеристикой дифференцирующим звеном будем использовать некоторые математические правила.

Пусть дана некоторая функция $y=f(x)$, тогда:

1. $y=-f(x)$ - зеркальное отражение функции относительно оси x
2. $y=f(-x)$ - зеркальное отражение функции относительно оси y
3. $y=f(x+a)$; $y=f(x-a)$ - передвижение функции влево и вправо по оси x на величину «а» соответственно
4. $y=f(x)+a$; $y=f(x)-a$ - передвижение функции вверх и вниз по оси y на величину «а» соответственно
5. $y=kf(x)$; $y=f(x)/k$ - растяжение/сжатие функции относительно оси x на величину k соответственно
6. $y=f(kx)$; $y=f(x/k)$ - сжатие/растяжение функции относительно оси y на величину k соответственно

В нашем примере будем использовать 1 и 4 правило.

Имеется нисходящая экспериментальная переходная характеристика откачивания воды из приемного колодца во время предполагаемого аварийного процесса при единично ступенчатом воздействии (регулирования не происходит). Для удобства расчетов время приведено в минутах(мин), а значение уровня в дециметрах(дм).



Рис.1. Исходная экспериментальная переходная характеристика.

Для дальнейших расчетов отразим все точки переходной характеристики относительно оси t и опустим на величину $70-10=60$ дм. Получим восходящую переходную характеристику симметричную данной с началом в нуле (рис. 2.1.2).

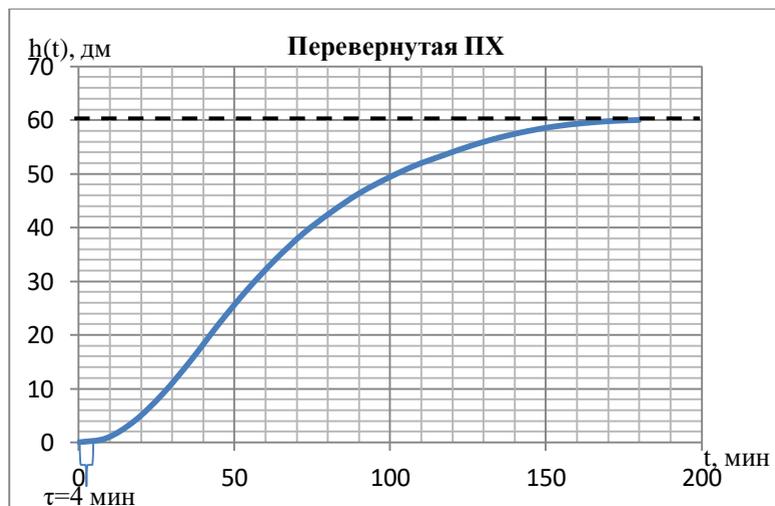


Рис.2. Перевернутая исходная переходная характеристика.

Далее для идентификации выбранного объекта управления использовали методы, описывающие аperiodическое звено.

$$W(p) = \frac{60}{7220,266p^3 + 1376,379p^2 + 64,065p + 1} \quad (1)$$

С помощью программы MatLab (рис.3) построим расчетную переходную характеристику по передаточной функции (рис.4)

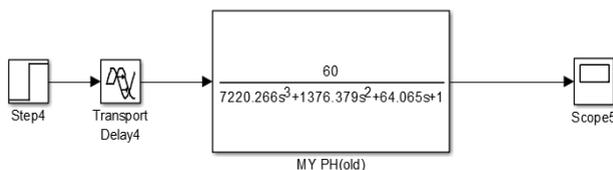


Рис.3. Схема передаточной функции в Simulink.

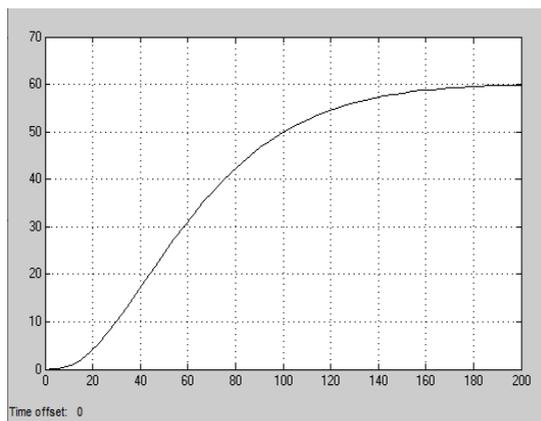


Рис.4. Расчетная переходная характеристика методом интегральных площадей.

Рассчитанный переходный процесс совпадает с восходящей перевернутой характеристикой. Поэтому следующим шагом преобразуем полученную передаточную функцию к исходной нисходящей характеристике путём переворачивания (отражения относительно оси x) и поднятия всех значений на константу.

Для этого воспользуемся 1 и 4 правилом. Поставим перед передаточной функцией знак минус, чтобы сделать её нисходящей. После этого прибавим константу 70 и приведём к общему знаменателю:

$$\begin{aligned}
 W(p) &= \frac{60}{7220,266p^3 + 1376,379p^2 + 64,065p + 1} \Rightarrow \\
 &\Rightarrow \frac{-60}{7220,266p^3 + 1376,379p^2 + 64,065p + 1} + 70 = \\
 \frac{70 * 7220,266p^3 + 70 * 1376,379p^2 + 70 * 64,065p + 70 - 60}{7220,266p^3 + 1376,379p^2 + 64,065p + 1} &= \quad (2) \\
 &= \frac{505418,62p^3 + 96346,53p^2 + 4484,55p + 10}{7220,266p^3 + 1376,379p^2 + 64,065p + 1}
 \end{aligned}$$

Получили передаточную функцию для исходной характеристики, построим её в Simulink (рис.6). Определили ошибку идентификации (таблице 2), совместив расчетную и экспериментальную характеристики (рис. 7).

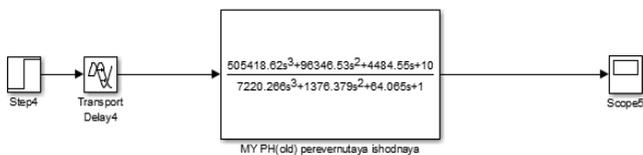


Рис.5. Структурная схема в Simulink.

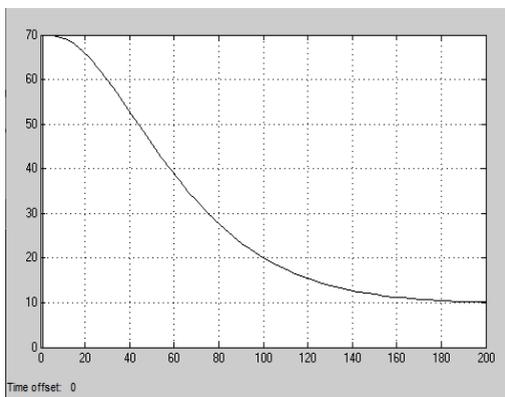


Рис.6. Расчетная переходная характеристика.



Рис. 7. Расчетная и экспериментальная переходные характеристики.

Таким образом, в ходе расчетов была получена математическая модель процесса откачивания воды из приёмного колодца дифференцирующим звеном:

$$W(p) = \frac{505418,62p^3 + 96346,53p^2 + 4484,55p + 10}{7220,266p^3 + 1376,379p^2 + 64,065p + 1} \cdot e^{-4t} \quad (3)$$

Погрешность идентификации объекта не превышает 5% и составляет 1,67%. Из этого следует что математическая модель удовлетворяет условиям применимости.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Т.А. Григорьева

Литература:

1. Григорьева Т.А., Семенов Д.С. Управление техническими системами: Методические указания к выполнению лабораторных работ. – Братск: изд-во БрГУ, 2013 -27с.
2. Григорьева Т.А., Толубаев В.Н. Автоматизация технологических процессов и производств: учебно-методическое пособие. – Братск: изд-во БрГУ, 2017. - 98 с.

М.С. Мареев, В.В. Доронин
 ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»
 г. Братск, limonlink@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИБКОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТАМИ В АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИИ

В настоящее время создано огромное количество оборудования высокой производительности в том числе роботов, а также роботизированных систем для производства автомобилей. В ближайшем будущем более быстрое повышение эффективности данного производства может быть обусловлено лишь путем его комплексной автоматизации, создания максимально гибких производственных систем, способных адаптироваться к зачастую изменяющимся условиям производства.

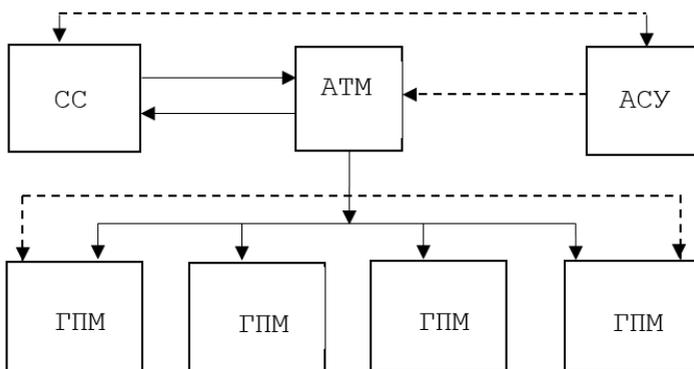


Рис. 1. Обобщённая схема ГПС. ГПМ - гибкий производственный модуль; АТМ - автоматический транспортный модуль; АСУ - автоматизированная система управления, СС - складская система.

Основой к созданию гибких производственных систем являются автоматические линии, часто используемые в производстве автомобилей. Такого рода системы должны адаптироваться к изменениям перечня выпускаемых изделий, состояния технологического оборудования, самих технологических процессов, свойства материалов, заготовок деталей и комплектующих самих авто.

Гибкая производственная система, используемая для автомобилестроения, в данном случае состоит из ряда автоматических

роботизированных рабочих мест, связанных автоматической транспортной сетью с устройствами загрузки и разгрузки. В частности, три уровня управляющих устройств, на которых решаются определенные задачи.

К устройствам первого уровня относятся локальные системы управления оборудованием:

Устройства ЧПУ (числовое программное управление), командоаппараты, автооператорами, транспортными средствами, системы управления роботами. Способности этих систем могут быть определены характеристиками оборудования, но они ограничиваются решением логических задач.

Устройства второго уровня используют оперативное управление производя передачу подходящих программ на систему локального управления. На этом уровне производится автоматический, а также полуавтоматический режимы работы.

На третьем уровне происходит координирование деятельности ГПС (гибкой производственной системы) в целом. Системы управления обрабатывают управленческую и производственную информацию, регулируют график работы оборудования и технологические маршруты, осуществляют решения по организации. Далее рассмотрим вопросы построения систем управления первого и второго уровней.

Операции по сборке автомобилей являются наиболее трудоемкими в производстве автомобилей и агрегатов к ним. Под сборкой здесь понимается соединение элементов кузова болтовыми, сварочными соединениями, а также сборка элементов салона автомобиля, требующая максимальной точности, которая происходит на специальном оборудовании. Нужные части автомобиля последовательно подаются под установочную головку, куда роботом подводятся необходимые детали. Чтобы осуществить сборочную операцию требуется система управления, которая адаптируется к изменению перечня выпускаемой продукции.

Локальные системы управления сборочного оборудования состоят из регулятора на основе небольших ЭВМ, устройства мгновенного считывания с ленты, в том числе ЗУ (запоминающего устройства) с большой емкостью и ряда периферийных устройств, в состав которых возможно включить быстродействующее печатающее устройство, дисплей с клавиатурой и телетайп.

Промышленность в России также выпускает ряд автоматических станков, которые по своей сути являются промышленными роботами для сборки автомобилей и агрегатов. В них используется адаптивный привод на двигателях постоянного тока, с помощью которого

получается оптимальное управление по быстродействию, предназначен для высокопроизводительного сборочного оборудования в автомобилестроении. При этом обеспечивается максимальное быстродействие путем адаптации к перемещениям. Динамические характеристики такого привода значительно превосходят динамические характеристики привода на шаговых двигателях [1].

Адаптивный электропривод на двигателях постоянного тока, который реализует оптимальное управление по скорости движения, предназначен для оборудования высокой производительности в производстве автомобилей. При этом достигается максимальное быстродействие путем адаптации к движению манипулятора. Динамические характеристики такого привода существенно превосходят динамические характеристики привода на шаговых двигателях [6].

Для обеспечения оптимального по быстродействию управления необходимо реализовать достаточно сложный закон управления.

Упрощенное дифференциальное уравнение движения привода имеет вид:

$$T_M = \frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{d\theta}{dt} = kU \quad (1)$$

где T_M – электромеханическая постоянная времени двигателя с приведенным к валу моментом инерции; θ – угол поворота выходного вала; k – постоянный коэффициент; U – напряжение, приложенное к яркой цепи.

Согласно принципу максимума для достижения оптимальности по быстродействию следует выбирать такое управление, которое достигает максимума функции

$$H = \psi_1 x_2 + \psi_2 \frac{kU - x^2}{T_M} \quad (2)$$

где ψ_1, ψ_2 – некоторые ненулевые и непрерывные функции; $x_2 = d\theta/dt$

В данном случае любая локальная система управляет одним робототехническим комплексом, который состоит из сборочного автомата, автоматизированных бункерных накопителей и специальных промышленных роботов, исполняющих загрузочно-разгрузочные операции. Работа локальной системы управления обусловливается технологической программой, внедренной в ОП (оперативную память) оператором или системой управления второго уровня.

В состав локальной системы управления (рис. 2) входят устройство программного управления; пульт управления; фотосчитывающее устройство; интерфейсные блоки.

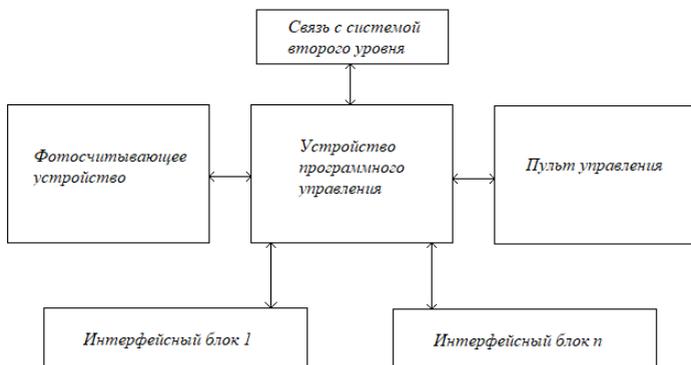


Рис.2. Структурная схема локальной системы управления

Структура такой локальной системы управления обеспечивает гибкий подход к любому типу сборочного технологического оборудования.

Центр управления осуществляет быструю и эффективную адаптацию какого-либо участка к меняющимся условиям производства.

Для сборки автомобилей каждого вида, будь то хетчбэк, седан, универсал, необходима своя технологическая программа, которая создаётся автоматически в центре управления и затем передается в локальную систему управления сборочным оборудованием конкретного типа.

Задачи, решаемые центром управления, подразделяются на 3 категории:

- технологическая подготовка производства;
- диспетчеризация участка;
- контроль и диагностирование оборудования.

Во время выяснения вопросов контроля и диагностирования центр управления осуществляет следующие операции: обнаруживает отказавшие подсистемы; сообщает оператору о сбоях и аварийных ситуациях; дает рекомендации по устранению поломок и проводит административно-статистическую запись их причин.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Д.С. Колтыгин

Литература:

1. Белянин П. Н. Промышленные роботы. М.: Машиностроение, 1975. 400 с.
2. Рубанов В.Г., Кижук А.С. Мобильные микропроцессорные системы автоматизации транспортно-складских операций. Мобильные

робототехнические системы. Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. 288с.

3. Булгаков, А. Г. Промышленные роботы. Кинематика, динамика, контроль и управление: монография / А. Г. Булгаков, В. А. Воробьев. — Москва: СОЛОН-Пресс, 2008. — 488 с.

4. Ерош И. Л., Игнатьев М. Б. Адаптивные системы управления промышленными роботами. М.: НИИмаш, 1976. 64 с.

5. Выжигин А.Ю. Гибкие производственные системы: учебное пособие М.: Машиностроение, 2009. 288с.

6. Козырев Ю.Г. Промышленные роботы: основные типы и технические характеристики: учебное пособие. М.: КНОРУС, 2015. — 560 с.

7. Колтыгин, Д. С. Классификация систем управления робототехническими комплексами / Д. С. Колтыгин, И. А. Седельников // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. – 2016. – Т. 1. – С. 71-73.

М.А. Наумович, К.Р. Юдин, А.А. Кононов

*ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», г. Братск,
naumovich.mikhail@mail.ru, udin.k-iril@mail.ru, andreykononow05@gmail.com*

МОДЕЛИРОВАНИЕ МУЛЬТИАГЕНТНОЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ В СЕТИ С ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИЕЙ

Введение. В статье описана реализация мультиагентной системы управления (МАСУ) ветрогенерирующей установки. Описана структура, поведение и взаимодействие программных агентов ветрогенератора (ВГУ) и аккумуляторной батареи (АКБ). С использованием разработанной модели электрической сети с ВГУ, АКБ представлены результаты работы системы регулирования напряжения в сети при изменении скорости ветра.

Для развития современной электроэнергетики, повышения надежности электроснабжения потребителей необходимо использовать установки распределенной генерации (РГ), в том числе работающие на возобновляемых источниках энергии. Объекты распределенной генерация — это генерирующие объекты, вырабатывающие электроэнергию в месте нахождения потребителя или обеспечивающий поддержку распределительной сети, подключенный к сети при напряжении уровня распределения.

Объекты РГ можно разделить на три группы:

1) источники электрической энергии крупных промышленных предприятий (подстанции);

2) объекты малой и средней генерации (газотурбинные и газопоршневые станции);

3) электростанции, работающие на возобновляемых источниках энергии (солнечные панели (солнце), ветряные станции (ветер), ГЭС (вода), газовые электрогенераторы (газ)).

Преимуществом распределённой генерации являются:

- повышение доступности и снижение стоимости электроэнергии за счёт генерации вблизи от потребителя, особенно в отдалённых районах, где осложняется внедрение централизованной генерации [3];

- возможность использования разных источников электроэнергии, в т.ч. экологически чистых [3].

Недостатками РГ являются:

- прогнозирование объектов, работающих на возобновляемых источниках энергии (ВИЭ) затруднительно, для обеспечения надежности и повышения экономического эффекта таких систем используются сложные математические модели прогнозирования [3];

- станции на возобновляемых источниках энергии из-за новизны технологий достаточно трудно проектировать, возникают вопросы при эксплуатации и ремонтных работах, также нужно уделять большое внимание повышению надежности, регулированию частоты и напряжения в таких сетях [4];

- проектирование релейной защиты усложняется, так как сети с множеством генерирующих источников имеют более сложную конфигурацию [3];

- негативное отношение к РГ сетевых компаний, из-за лишения значительной части доходов от промышленных предприятий [4];

- высокая стоимость системы при предъявлении потребителем особых требований к надежности электроснабжения [4].

Однако, несмотря на недостатки, существуют факторы увеличения темпов роста РГ, такие как рост стоимости электроэнергии, высокие издержки при передаче электроэнергии, дорогостоящее технологическое присоединение, потребность в замещении изношенных мощностей и повышении надежности энергоснабжения [3].

Мультиагентные технологии. Мультиагентные технологии — подход к реализации сложных систем управления, построенный на принципах самоорганизации элементов системы. В рамках такой системы управленческие решения принимают программные агенты на основе информации о себе и о внешнем мире. Автономность, реактивность и проактивность программных агентов, на основе которых

выстраиваются МАС, делают их очень актуальными и востребованными не только в электроэнергетике. В основе мультиагентного подхода лежит понятие мобильного программного агента, который реализован и функционирует как самостоятельная специализированная компьютерная программа или элемент искусственного интеллекта. Изначально, до появления соответствующих информационных технологий, "агентом" был человеком, которому делегировалась часть полномочий — как в выполнении конкретных функций, так и в принятии решений[1].

В общем случае система управления на основе мультиагентных технологий может состоять из объектов управления, совокупность которых может быть представлена в виде черного ящика со множеством входных X_i и выходных Y_j параметров. В этом случае мультиагентная система получает информацию о параметрах объекта и его состоянии с помощью датчиков, обрабатывая которую, воздействует на регуляторы и исполнительные элементы системы, изменяя режимы работы объекта[1].

Описание модели установки РГ. Исследования проводились на компьютерной модели ветрогенератора с возбуждением от постоянных магнитов, работающего на выделенную нагрузку. Модели ВГУ с контуром регулирования разработаны в системе MATLAB с применением пакетов Simulink и SimPowerSystems. К основным элементам модели ВГУ, работающей на выделенную нагрузку (рис.1) относятся: нечеткий регулятор (1), генератор с возбуждением от ветротурбина (2), постоянных магнитов (3), нагрузка (4), АКБ (5), программа управления АКБ (6)[2].

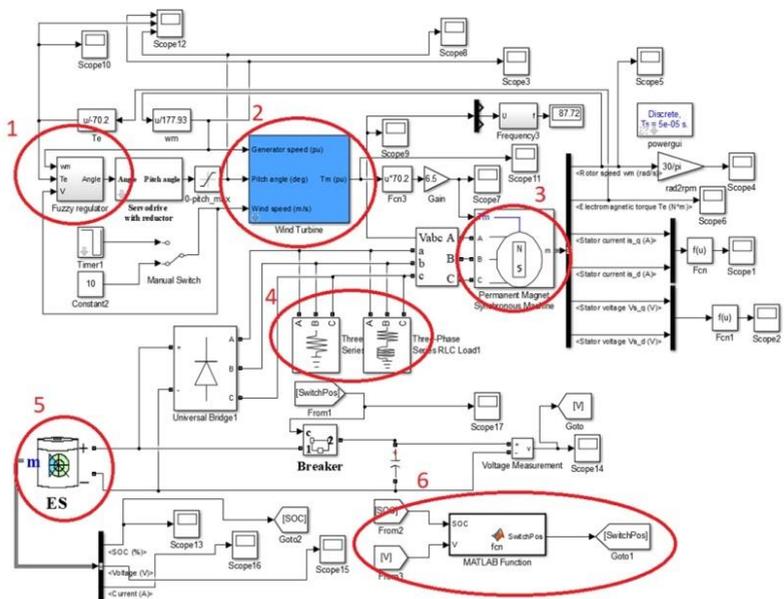


Рис. 1. Принципиальная схема ветряного генератора

Управление скоростью вращения ВГУ осуществляется за счет изменения угла поворота лопастей ветротурбины, вал соединяет ветротурбину с генератором на постоянных магнитах. Вырабатываемая энергия идет к потребителям. АКБ накапливает или отдаёт энергию в сеть в соответствии с заложенной программой. Например, при нормальном режиме работы сети агент АКБ, получив сигнал о низком уровне заряда, посылает сигнал агенту солнечной батареи, который после проверки состояния сети принимает решение при необходимости о включении дополнительной солнечной батареи в сеть с целью регулирования напряжения и зарядки АКБ[2].

Результаты моделирования. При моделировании ВГУ работала на постоянную выделенную нагрузку. Проверка разработанной нечеткой системы регулирования была осуществлена путем случайного изменения скорости ветра в диапазоне от 6 до 10 м/с.

Для определения эффективности было произведено сравнение полученного нечеткого регулятора с пропорционально-интегрально-дифференциальным (ПИД) регулятором скорости вращения ротора. Результаты моделирования представлены в виде осциллограмм скорости вращения ротора генератора (рис.2) и угла поворота лопастей ветротурбины (рис.3) при вариации скорости ветра с 10 м/с на 6 м/с

(момент времени 8 с), затем на 8 м/с (момент времени 16 с) и снова на 10 м/с (момент времени 23 с).

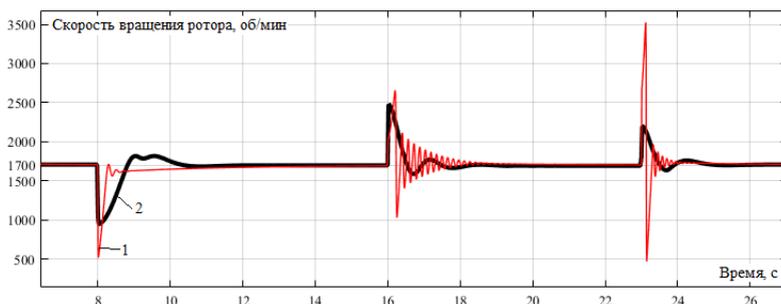


Рис.2. Осциллограммы скорости вращения ротора генератора при вариации скорости ветра:

1 – использовался ПИД-регулятор; 2 – использовалась предлагаемая нечеткая система управления

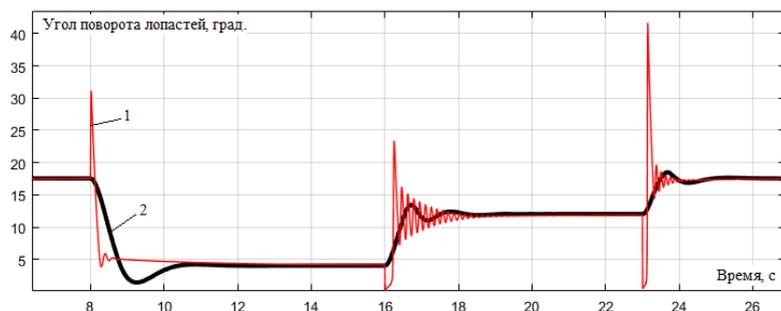


Рис.3. Осциллограммы изменения угла поворота лопастей ветротурбины:

1 – использовался ПИД-регулятор; 2 – использовалась предлагаемая нечеткая система управления

По полученным характеристикам скорости вращения ротора генератора и угла поворота лопастей ветротурбины можно сделать вывод о более высокой эффективности нечеткого регулятора по сравнению с ПИД-регулятором. Полученная эффективность нечеткой системы управления заключается в снижении времени переходного процесса, колебательности и величины перерегулирования скорости вращения ротора и угла поворота лопастей ВГУ.

Заключение. В работе рассматриваются вопросы моделирования и настройки нечёткой системы регулирования скорости вращения ротора ВГУ, работающей на основе генератора с возбуждением от постоянных

магнитов. Приведена настраиваемая модель ВГУ с возможностью изменения параметров генератора и ветротурбины под заданные условия и оборудование. Модель ВГУ может использоваться в экспериментах при моделировании электроэнергетических сетей, включающих в себя установки малой распределенной генерации (ВГУ, солнечные батареи и т.п.).

В ходе исследования предложена универсальная методика настройки нечеткого регулятора маломощной ВГУ с возбуждением генератора от постоянных магнитов.

Произведен анализ и сравнение следующих систем регулирования: автоматического ПИД-регулятора и нечёткой системы регулирования угла поворота лопастей, учитывающей скорость ветра, скорость вращения ротора и мощность на валу генератора.

Результаты моделирования в системе MATLAB показывают, что предлагаемая нечёткая система регулирования скорости вращения ротора ВГУ позволяет обеспечить стабильность работы ветрогенератора при изменении скорости ветра. Использование предлагаемой методики настройки нечеткого регулятора позволяет плавно изменять угол поворота лопастей при управлении скоростью вращения ротора генератора ВГУ в условиях изменения скорости ветра. При этом значительно снижается перерегулирование и колебательность скорости вращения ротора и угла поворота лопастей ветротурбины по сравнению с использованием ПИД-регулятора.

Научный руководитель: ст. преподаватель Э.К. Шуманский

Литература:

1. Булатов Ю.Н., Крюков А.В. Мультиагентная система управления установками распределённой генерации // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2015. №11-12. С. 97-107.
2. Булатов Ю.Н., Крюков А.В. Применение генетических алгоритмов для настройки автоматических регуляторов установок распределенной генерации // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2016. №2. С. 30-45.
3. Папков Б. В., Осокин В. Л., Куликов А. Л. Об особенностях малой и распределенной генерации в интеллектуальной электроэнергетике // Вестник Уфимского Государственного Авиационного Технического Университета. 2018. Т. 22. № 4 (82).
4. Гуминский А. Н. «Малая Генерация» На Предприятии – Особенности Реализации // Вестник Гомельского Государственного Технического Университета Им. П.о. Сухого. 2012. № 2 (49).

В.А. Приходько, А.П. Кузнецов
ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»
г. Братск, slava009jo@yandex.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ СВАРОЧНЫХ РАБОТ

Автоматизация процессов сварки сталкивается с трудностями, связанными с необходимостью выполнения рабочим органом (сварочной головкой) сложного позиционирования и движения вдоль линии соединения свариваемых деталей. При работе с криволинейными швами обычные автоматизированные установки для дуговой сварки либо не дают положительных результатов, либо полностью не удовлетворяют техническим требованиям. В подобных случаях для автоматизации сварочного процесса высоко ценятся роботы с широкими манипуляционными и адаптационными возможностями.

Для сравнения приведём пример, где обычное ручное программирование, в котором сварочная головка проводится через все последовательные точки шва, так время работы растягивается для простых швов в среднем 30 минут, а для сложных до одного дня. К этому следует добавить, что в случаях, когда допуски на размеры свариваемых элементов значительно превышают допуск на отклонение сварочной головки от линии шва (например, при сварке нестандартных изделий), оператор должен вручную повторять весь процесс обучения для сварки очередного экземпляра одного заново. Понятно, что такие условия выполнения задачи в условиях ГАП (гибкое автоматизированное производство) недопустимы.

В адаптивных системах управления роботами имеется особенность, они должны регулировать ряд технологических параметров в процессе сварки. К примеру, они должны следить за регулировкой подачи электрода в сварочную головку, управлять напряжением дуги и скоростью движения по линии шва в зависимости от параметров свариваемых заготовок, их толщины, зазора между ними, геометрии шва и др.

При сварке изделий со сложной геометрией шва, различной толщиной и пр. необходимо менять положение и ориентацию свариваемых деталей одних относительно других. Для этой цели целесообразно использование ещё одного робота, который будет помогать и осуществлять вспомогательные операции. Такая система будет называться сварочным робототехническим комплексом (РТК), имеющая единую систему адаптивного управления, она обладает

высокой гибкостью и широкой адаптивностью по сравнению с одним роботом. Благодаря РТК появилась возможность существенно расширить возможности промышленного производства надёжных металлических деталей и конструкций, что в свою очередь нашло широкое применение в ГАП.

Эффективность и качество готового изделия во многом зависит от методов и средств адаптации, используемых в конкретной адаптивной системе управления. Рассмотрим несколько примеров особенностей этих методов и технических средств.

Одна из первых систем адаптивного управления сварочных роботов была создана компанией «Hitachi» (Япония). Её задача состояла в корректировке программы движения сварочной головки робота вдоль шва на основании сигналов, полученных с двух магнитных датчиков. Главным достоинством этой системы является её надёжность и простота. А также эта система адаптируется по сварочному шву непосредственно в процессе сварки, а не только при предварительной ручной настройке без сварки. Но у этой системы были и минусы, например, она не может адаптироваться при сварке по криволинейному сложному шву.

В системах адаптивного управления РТК для распознавания и съёма координат точек шва применяются электромеханические измерительные головки и специально разработанные для сварки лазеры. Основное их расположение приходится на сварочную головку, в непосредственной близости к шву, для более точного позиционирования.

Информацию для адаптивной коррекции программы движения электрода в сварочных РТК получают и при помощи локационных, электромагнитных, струйных и других датчиков. В роли адаптирующего средства также используется и сама сварочная дуга. При этом информацию о расстоянии между электродом и сварной поверхностью несет сварочный ток или напряжение дуги. Такой подход имеет преимущество в том, что не требует дополнительных датчиков и основывается лишь на показаниях дуги. Это исключает погрешности между контрольной точкой и точкой сварки и позволяет адаптировать саму дугу.

К основным параметрам роботизированной сварки, влияющим на управляющее воздействие адаптивной системы управления, относятся:

Сила сварочного тока:

$$I_{CB} = \frac{\pi \cdot d_s^2 \cdot j}{4} \quad (1)$$

где d – диаметр электрода, j – плотность тока.

Оптимальное напряжение дуги:

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{a_3}} \cdot I_{св} \pm 1 \quad (2)$$

Скорость сварки:

$$V_{св} = \frac{a_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_n} \quad (3)$$

где γ – плотность наплавленного металла, F_n – площадь поперечного сечения наплавленного металла.

Наиболее важным источником информации для адаптивной системы управления сварочным РТК являются системы технического зрения. Существенную информацию о рабочей зоне несут телевизионные и лазерные системы. Однако они сложные по конструкции и дорогие в использовании, поэтому для сварочных РТК разрабатываются и используются специальные видеодатчики.

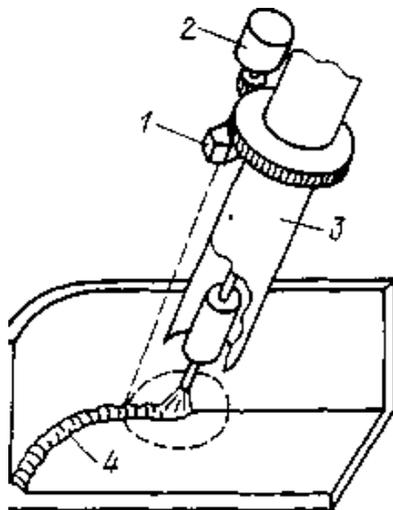


Рис.1. Схема адаптивной сварки

1 – лазер; 2 – двигатель сканирования; 3 – горелка; 4 – шов.

Далее рассмотрим принцип геометрической адаптации, когда линия сварки может быть не только линейно смещена, но искажена по форме по сравнению с расчетной. В данном случае адаптация робота по шву регулируется тем, что заранее или в процессе сварки определяется (интерполируется) линия сварки и по её отклонениям от расчётной линии вносятся корректировки в программу движения сварочной. Известно несколько вариантов аппаратно-программной реализации этого принципа с учетом особенностей используемых датчиков. Наиболее перспективными и эффективными являются видеодатчики,

лазеры и способы измерения, основанные на использовании сварочной дуги.

«При измерении геометрических характеристик линии сварки и самого шва в зоне сварки применяется способ сканирования луча лазерного дальномера вокруг точки сварки. Этот способ адаптивной сварки иллюстрируется на рис.1. В качестве излучателя здесь используется полупроводниковый лазер с мощностью импульса от 1 до 10 Вт, работающей в инфракрасном диапазоне. На свариваемые поверхности оптическая система лазера проецирует световое пятно диаметром 0,3 мм. Другая оптическая система воспринимает отраженный луч и фокусирует изображение пятна на фотоприемники прибора с разрешающей способностью порядка 10 мкм».[1]

«По результатам измерения расстояния (за один поворот лазера вокруг горелки снимается около 200 отсчетов) формируется трехмерная модель свариваемого изделия и шва в зоне сварки. Эта локальная модель, зависящая от текущего положения, вводится в систему адаптивного управления робота, которая вычисляет необходимые геометрические и технологические характеристики: зазоры и углы между свариваемыми поверхностями, расстояние между горелкой и базовой поверхностью, ориентацию горелки, форму наплавленного валика на шве и т. п. Полученные характеристики могут использоваться в системе управления для стабилизации требуемого (в частности, оптимального) режима сварки с помощью средств технологической адаптации, для корректировки программы движения горелки с помощью алгоритмов геометрической адаптации к линии сварки и для самонастройки параметров контурного управления с целью обеспечения заданного качества обработки программы движения».[1]

Требования к качеству управления и надежности у сварочных роботов и РТК особенно высоки, так как они выполняют не вспомогательную, а основную технологическую операцию. Вследствие этого ухудшение качества управления может привести к браку, а любой отказ порождает остановку соответствующего участка производства. Но стоит и помнить, что для более качественного процесса сварки требуется больше времени, и следует находить идеальную грань между быстродействием робота и качеством сварных соединений.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Д.С. Колтыгин

Литература:

1. Козырев Ю.Г. Промышленные роботы: основные типы и технические характеристики: учебное пособие. М.: КНОРУС, 2019. — 560 с.

2. Михайлова Л.В. Особенности развития российских машиностроительных предприятий на основе гибких производственных систем. Науч. тр. МАТИ - Рос. гос. технол. ун-т. 2004. № 7. С. 347-351.

3. Рубанов В.Г., Кижук А.С. Мобильные микропроцессорные системы автоматизации транспортно-складских операций. Мобильные робототехнические системы. Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. 288с.

4. Колтыгин, Д. С. Анализ и особенности применения роботов-сварщиков / Д. С. Колтыгин, Д. Ю. Романюк // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. – 2016. – Т. 2. – С. 138-141.

5. Булгаков А.Г., Воробьев В.А. Промышленные роботы. Кинематика, динамика, контроль и управление.: Издательство СОЛОН-ПРЕСС, 2018. - 484с.

А.А. Тасенко

*ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»
г. Братск, andrey88991@mail.ru*

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ПОЛНОГО ЗАКРЫВАНИЯ РЕГУЛИРУЮЩЕГО КЛАПАНА НА ОБРАТНОМ ТРУБОПРОВОДЕ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

В данной работе рассматривается предотвращение полного закрытия регулирующего клапана на обратном трубопроводе тепловых сетей. Нормальная работа регулирующего клапана – это прикрытие и открытие, для поддержания режимных параметров, но при превышении прикрытия 80% происходит полное закрытие клапана.

Для автоматического регулирования давления в системе теплоснабжения, в тепловых пунктах на обратном трубопроводе установлены регулирующие клапаны и гидравлические регуляторы давления.

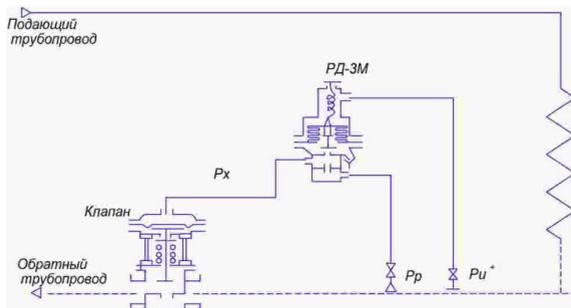


Рис.1. Технологическая схема обратного трубопровода.

Регулирующие клапана типа РК-1 с мембранным гидравлическим приводом являются исполнительными органами гидравлических регуляторов давления (РД) и составляют гидравлическую систему автоматического регулирования (ГАСР), обеспечивают поддержание заданных параметров теплоносителя (давление) на тепловых сетях в соответствии с расчетными параметрами.

Принцип действия клапана заключается в перемещении золотника и изменении тем самым давления воды пропорционально воздействию командного давления с РД, подаваемого в камеру мембранного гидропривода РК.

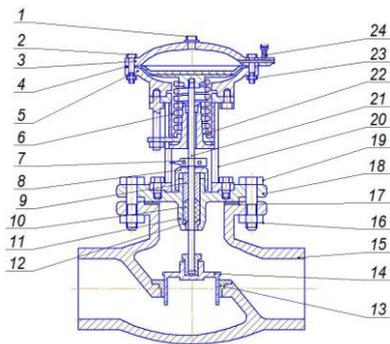


Рис.2. Устройство регулирующего клапана РК-1

- 1 - Пробка; 2 - Болт МИМа; 3 - крышка верхняя; 4 - Мембрана; 5 - Крышка нижняя; 6 - Стакан МИМа; 7 - Указатель положения; 8 - Гайка; 9 - Втулка высокая; 10 - Набивка; 11 - Втулка сальника; 12 - Втулка низкая; 13 - Седло; 14 - Золотник; 15 - Корпус; 16 - Гайка; 17 - Прокладка; 18 - Крышка; 19 - Болт; 20 - Стойка; 21 - Шток; 22 - Пружина; 23 - Гайка МИМа; 24 - Штуцер.

При колебаниях гидравлического режима, либо неполадках в работе регулятора давления (РД), может происходить полное закрытие регулирующего клапана (РК) на обратном трубопроводе. В результате давление в обратном трубопроводе резко возрастает и превышает допустимый для отопительных приборов предел. Это приводит к повреждениям систем отопления у потребителей, а для Компании к возникновению имиджевых потерь и крупных финансовых затрат на возмещение ущерба потребителям.

Решением данной проблемы является установка предохранительного клапана на обратном трубопроводе со стороны потребителя, со строительством сбросных колодцев.

Принцип работы предохранительного клапана основан на работе пружины, прижимающей золотник к седлу. При повышении давления в системе свыше установленного сила притяжения уменьшается, золотник отодвигается, и начинается сброс среды через открывшийся клапан. Это нормализует напор в системе, и, когда давление опустится до допустимого предела, запорный элемент снова будет прижат к седлу.

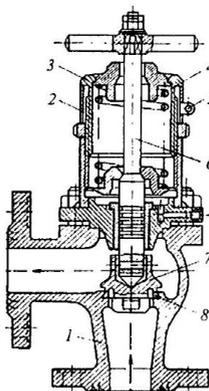


Рис.3. Устройство предохранительного клапана.

- 1 - Корпус; 2 - Скоба; 3 - Втулка; 4 - Цилиндрическая пружина; 5 - Ушко; 6 - Шток; 7 - Тарелка; 8 - Седло клапана.

Для закрытия клапана необходимо снижение давления до отметки в 10-15% ниже уровня нормального давления, поскольку для герметизации системы требуется большее усилие, чем для поддержки его в рабочем положении до открытия.

Благодаря внедрению предохранительного клапана достигается стабильный режим работы, соблюдение режимных параметров, отсутствие ущерба от аварийных ситуаций.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Т.А. Григорьева

Литература:

1. Трубопроводная арматура с автоматическим управлением: Справочник/Д. Ф. Гуревич, О. Н. Заринский, С. И. Косых и др.; Под общ. ред. С. И. Косых. — Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1982. — 320 с, ил.
2. Международный журнал «Трубопроводная арматура и оборудование», №1(34), 2008.

А.С. Четвертнов

*ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»
г. Братск, cetvertnovandrei@gmail.com*

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПАРА НА ВЫХОДЕ КОТЛА ТП-81 ФИЛИАЛ ООО «БЭК» ТЭЦ-9 Г. АНГАРСК

Целью создания САР температуры пара на выходе колоагрегата ТП-81 является:

- значительное сокращение доли ручных операций при реализации технологического процесса подготовки пара;
- повышение надёжности получения пара за счёт уменьшения вероятности ошибочных действий персонала;
- повышение экономичности и качества работы получения пара за счёт автоматического контролируемого соблюдения технологических режимов.

Для регулирования объектов, регулируемые величины которых связаны через общие регулирующие воздействия, могут применяться две структурные схемы:

- схема независимого регулирования, когда между регуляторами отдельных величин отсутствуют специальные перекрёстные связи (но выбор закона регулирования каждого регулятора производится с учётом перекрёстных связей в объекте);
- схема связанного регулирования, когда между объектами устанавливаются перекрёстные связи.

Структурная схема выбранной АСУ ТП представлена на рис. 1.

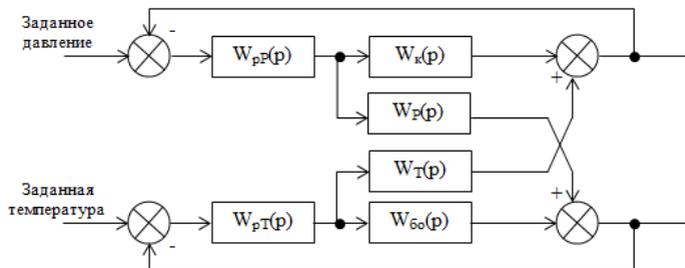


Рис.1. Многосвязная структурная схема

$W_{pP}(p)$ – передаточная функция регулятора температуры;

$W_{pT}(p)$ – передаточная функция регулятора давления;

$W_k(p)$ – передаточная функция объекта (барабан котла);

$W_{oo}(p)$ – передаточная функция объекта (питательная вода);

$W_P(p)$ – передаточная функция влияния контура регулирования давления на контур регулирования температуры;

$W_T(p)$ – передаточная функция влияния контура регулирования температуры на контур регулирования давления.

Функции нижнего уровня САУ

При разработке алгоритмического обеспечения промышленного контроллера перед авторами ставилась задача минимизировать степень участия человека-оператора в управлении технологическим процессом. В результате реализации такого подхода система работает в автоматическом режиме, оставляя оператору только те функции, которые не могут быть выполнены имеющимися техническими средствами (например, измерение ряда качественных показателей технологического процесса) либо требуют взаимодействия с другими цехами предприятия.

Программа, исполняющаяся на контроллере, решает следующие задачи: опрос датчиков, первичная обработка аналоговых сигналов, реализация управления исполнительными устройствами.

Средний уровень АСУ реализуется с помощью регулятора МФК-3000. Регулятор МФК-3000 – программируемый прибор, предназначенный для регулирования температуры, давления и других переменных процессов.

Математическое обеспечение

Само математическое моделирование – это процесс установления соответствия данному реальному объекту некоторого математического объекта – математической модели.

В настоящее время математические модели используются очень широко в разных областях.

Достоинства математических моделей:

а) возможность быстро провести ряд экспериментов на математической модели с целью поиска оптимального технологического режима или максимально достоверного прогноза при минимальных затратах времени и материальных ресурсов. В практике эксплуатации на эти опыты ушли бы годы и десятилетия;

б) возможность на модели задать условия эксплуатации, невозможные в реальности, для проверки оптимальных режимов;

в) математическая модель по разработанным методикам (метод кругового восхождения, градиентный метод и др.) позволяет быстро найти оптимальные условия ведения технологического процесса.

Математическая модель – чаще всего это или одно уравнение математической взаимосвязи выходного сигнала объекта (системы) с входным, или система уравнений взаимосвязи выходных сигналов с входными. Так для одномерного (один вход и один выход) динамического объекта (системы) это дифференциальное уравнение связи выхода с входом или его передаточная функция, которую получают из дифференциального уравнения путём преобразования Лапласа (рис. 2).

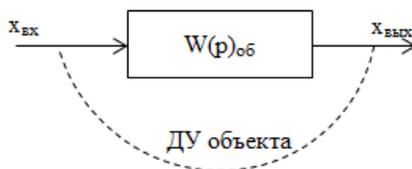


Рис.2. Схема исследований объекта управления

Для многомерного объекта (несколько входных и выходных сигналов) математическая модель может быть задана в матричной форме (рис. 3).

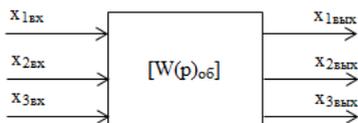


Рис.3. Схема исследования многомерного объекта

Внедрение автоматизированной системы регулирования температуры пара позволит достичь следующих результатов:

- обеспечение оперативного технического учёта произведенного пара;
- создание возможности ретроспективного анализа технологических режимов и получения наиболее рационального регламента ведения процесса;
- обеспечение надежности и стабильности технологического процесса получения пара.

Научный руководитель: доцент В.Н. Толубаев

Литература:

1. Проектирование автоматизированных систем. Учебное пособие. – В.Н. Толубаев, Братск, 2017
2. Моделирование инженерных систем и технологических процессов. Учебное пособие. – П.Д. Чельшков, А.В. Дорошенко, А.А. Волков, Издательство МИСИ, 2016
3. Программное обеспечение систем управления. Учебное пособие. – Н.В. Осипова, МИСиС, 2019

А.С. Четвертнов

*ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»
г. Братск, ceivertnovandrei@gmail.com*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ДЛЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Наиболее часто измеряемой и регулируемой физической величиной на производстве является температура. Задачи измерения и контроля температуры встречаются практически во всех технических объектах любой промышленности. Нарушения технологического процесса, связанные с выходом температуры за допустимые пределы, могут привести к неконтролируемой ситуации на производстве.

Ключевым элементом любой системы измерения и контроля температуры является первичный измерительный преобразователь. От его точности во многом зависят показатели работы всей системы в целом. Очевидно, что столь разнообразные требования, как по диапазону и точности, так и по типу исполнения и надежности измерительных систем, привели к созданию за многие годы большого

разнообразия методов и средств, используемых для измерения и контроля температуры.

Выбор необходимого датчика для автоматизации технологического процесса в теплоэнергетических системах является сложной, трудоемкой задачей.

В статье рассмотрены основные принципы выбора измерительного преобразователя температуры для системы автоматического управления промышленными объектами, а также представлен сравнительный анализ современных измерительных устройств.

При выборе преобразователя необходимо обращать внимание на такие основные характеристики: диапазон измерения, количество входных сигналов, длина чувствительного элемента, межповерочный интервал, основная погрешность измерения, защита от скачков напряжения, диапазон окружающей температуры, степень пыле-влажностной защиты, функции диагностики и т.д.

Сравнительный анализ характеристик представлен для различных модификаций современных преобразователей температуры (табл.1) Rosemount и Метран.

Таблица 1. Преобразователи температуры Rosemount и Метран

Сравнительные характеристики	Метран-270	Метран-2700	Метран-280	Rosemount 848Т	Rosemount 248
НСХ (первичный преобразователь)	Pt100(ТСП), 100М(ТСМ), К(ТХА)	К(ТХА), N(ТНН), S(ТПП), В(ТПР), Pt100, 100П(ТСП), 50М, 100М(ТСМ)	К(ТХА), N(ТНН), Pt100(ТСП)	К(ТХА), N(ТНН), S(ТПП), В(ТПР), Е(ТХК), J(ТЖК), Т(ТМК), Pt100, Pt200, Pt500, Pt1000, 50П, 100П(ТСП), 50М, 100М, Cu 100, Cu50(ТСМ)	К(ТХА), N(ТНН), S(ТПП), В(ТПР), Е(ТХК), J(ТЖК), Т(ТМК), Pt100, Pt200, Pt500, Pt1000(ТСП)
Диапазон измерений, °С	-40... 1000	-50... 1600	-50... 1200	в зависимости от НСХ первичного преобразователя	в зависимости от НСХ первичного преобразователя
Входные сигналы первичных	1	1	1	8	1

преобразователей (кол-во каналов)					
Диапазон длин первичного преобразователя, мм	60...3150	60...10000 (для поверхностей от 10)	60...3150	в зависимости от первичного преобразователя	50...2500
Возможный протокол обмена данными/ выходной сигнал измерительного преобразователя	4-20 мА	4-20 мА	HART/4-20 мА	Foundation Fieldbus	HART/4-20 мА
Основная погрешность изм. преобразователя для НСХ Pt100, ±°С	1,25 погрешность сборки	0,4 погрешность сборки	0,4 погрешность сборки	0,3 погрешность только ИП	0,2 погрешность только ИП
Диапазон температур окружающей среды, °С	-45...70	-40...85	-40...70	-40...85	-40...85

Сравнительные характеристики	Rosemount 644	Rosemount 3144P	Rosemount 248X Wireless	Rosemount 648 Wireless	Rosemount 848TX Wireless
НСХ (первичный преобразователь)	K(TXA), N(TНН), S(TПП), B(TПР), E(TXK), J(TЖК), T(TМК), L(TXK), Pt100, Pt200, Pt500, Pt1000(TСП)	K(TXA), N(TНН), S(TПП), B(TПР), E(TXK), J(TЖК), T(TМК), Pt100, Pt200, Pt500, Pt1000(TСП), 50M, 100M (ТСМ)	K(TXA), N(TНН), S(TПП), B(TПР), E(TXK), J(TЖК), T(TМК), Pt100, Pt200, Pt500, Pt1000 (ТСП)	K(TXA), N(TНН), S(TПП), B(TПР), E(TXK), J(TЖК), T(TМК), L(TXK), Pt100, Pt200, Pt500, Pt1000 (ТСП)	K(TXA), N(TНН), S(TПП), B(TПР), E(TXK), J(TЖК), T(TМК), Pt100, Pt200, Pt500, 50П, 100П (ТСП), 50M, 100M, Cu100, Cu50 (ТСМ)
Диапазон измерений, °С	в зависимости от НСХ первичного преобразователя	в зависимости от НСХ первичного преобразователя	в зависимости от НСХ первичного преобразователя	в зависимости от НСХ первичного преобразователя	в зависимости от НСХ первичного преобразователя

Входные сигналы первичных преобразователей (кол-во каналов)	1 или 2	1 или 2	1	1	4
Диапазон длин первичного преобразователя, мм	50...2500	50...2500	50...2500	50...2500	в зависимости от первичного преобразователя
Возможный протокол обмена данными/ выходной сигнал измерительного преобразователя	Foundation Fieldbus, Profibus, HART/4-20 мА	Foundation Fieldbus, HART/4-20 мА	Wireless HART	Wireless HART	Wireless HART
Основная погрешность изм. преобразователя для НСХРt100. ±°С	0,15 (опция 0,1) Погрешность только ИП	0,1 (опция 0,08) Погрешность только ИП	0,45 Погрешность только ИП	0,225 Погрешность только ИП	0,28 Погрешность только ИП
Диапазон температур окружающей среды, °С	-40...85	-40...85	-40...70	-40...70	-40...70

Как показывает практика, только тщательный, комплексный подход к выбору измерительных преобразователей, учитывающий разнообразные аспекты проектирования, позволяет создавать сбалансированные по точности и стоимости системы автоматического регулирования технологических параметров, имеющие конкурентные преимущества на рынке современной электронной техники.

Научный руководитель: доцент В.Н.Толубаев

Литература:

1. Толубаев В. Н. Технические средства автоматизации: учебное пособие. – Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2010. – 260 с.
2. Каталог промышленной группы Метран «Датчики температуры» выпуск 2022, электронная редакция

ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ Руководитель секции зав. кафедрой управление в технических системах, кандидат технических наук, доцент Т.А. Григорьева

А.Х. Баймурзин

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»
г. Казань, albertkhamitovich@gmail.com*

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ МОНИТОРИНГ СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И ПЕРСОНАЛА

Ошибки в работе оборудования на строительных площадках являются основной причиной несчастных случаев на строительстве, таких как падения, столкновения с конструкциями и столкновения с другими видами техники. В основном это связано с наличием на строительной площадке различных динамических препятствий, а также с проблемами видимости оператора, такими как слепые зоны.[1] Для безопасной и эффективной работы строительной техники необходимо быстро собирать динамическую пространственную информацию об объектах на строительной площадке. Технологии индустрии 4.0. при правильном использовании могут снизить количество травм в процессе строительства. Поэтому помимо наблюдения за строительной техникой необходимо отслеживать ряд других параметров и интегрировать данные из различных информационных подсистем.[2,3]

Анализ производительности строительного оборудования и техники является наиболее важной практикой управления строительным оборудованием, которая может повысить эффективность строительных проектов. Данные, полученные путем отслеживания строительной техники, могут быть полезны менеджерам для понимания и мониторинга производительности и условий на площадке, а также для потенциального повышения экономической эффективности, работоспособности и безопасности оборудования и техники. Данные мониторинга и их интеллектуальный анализ полезны для обнаружения задержек в строительстве, принятия решений об изменении нормативных параметров, уровне квалификации отдельных водителей. Преобладающие методы управления строительным оборудованием в значительной степени зависят от индивидуального опыта, а не от достоверных данных и фактов. [4,5] Ограниченные данные хранятся в различных информационных системах, образуя так называемые изолированные «информационные острова», которые в дальнейшем не могут быть переданы и известны другим лицам, принимающим

решения, за пределами «информационного острова». Более надежные, всесторонние наборы данных, которые могут охватывать целевую группу работников для учета всех операций со строительным оборудованием, очень востребованы руководителями проектов или высшим руководством строительной компании.

По итогу мы получим основные анализируемые факторы: активность работы, перемещение техники, бережная эксплуатация – соблюдение регламента управления техникой, процент загрузки парка техники, работающей на одном объекте, по часам, дням и сменам. Достижимые эффекты: экономия на обслуживании техники, повышение эффективности работы водителя, использования техники на объектах.

Научный руководитель: к.т.н, доцент О.В. Борисова

Литература:

1. Нефёдов Леонид Иванович, Кононыхин Александр Сергеевич, Семиреченко Роман Евгеньевич, Шмойлов Андрей Юриевич Метод организации спутникового мониторинга транспорта // Вестник ХНАДУ. 2019. №86. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metod-organizatsii-sputnikovogo-monitoringa-transporta> (дата обращения: 11.04.2022).

2. Коваленко В.В., Булгаков Н.Ф., Махова Е.Г., Латкин П.С. Мониторинг, оценка и проектирование системы профилактики на транспорте // Журнал СФУ. Техника и технологии. 2015. №7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/monitoring-otsenka-i-proektirovanie-sistemy-profilaktiki-na-transporte> (дата обращения: 11.04.2022).

3. Игумнов Артем Олегович АРХИТЕКТУРА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТОМ // Доклады ТУСУР. 2021. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/arhitektura-programmnogo-obespecheniya-raspredelennoy-sistemy-monitoringa-i-upravleniya-transportom> (дата обращения: 11.04.2022).

4. Курилова Анастасия Сергеевна Современные системы слежения и мониторинга транспорта, используемые на автотранспортных предприятиях // Кант. 2012. №2 (5). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-sistemy-slezheniya-i-monitoringa-transporta-ispolzuemye-na-avtotransportnyh-predpriyatiyah> (дата обращения: 11.04.2022).

5. Федосов Дмитрий Витальевич Методика выбора варианта подсистемы связи в системах транспортного мониторинга // Информатика, телекоммуникации и управление. 2011. №6-2 (138). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-vybora-varianta-podsistemy>

svyazi-v-sistemah-transportnogo-monitoringa (дата обращения:
11.04.2022).

И.А. Васильев
ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»
г. Братск, vasiliev.ilya.2017@gmail.com

ВИТАЯ ПАРА 8 КАТЕГОРИИ

Концепция витой пары появилась 1880-х годах, когда во многих городах существовали электрические трамваи, они создавали помехи в телеграфных линиях, которые выводили их из строя. Для осуществления безопасности телеграфных линий инженеры разработали метод транспонирования проводов - изменение взаимного расположения проводов отдельных фаз по длине воздушной линии электропередачи. Это и дало концепцию витой пары, которую в 1881 году изобрел Александр Грейам Белл.

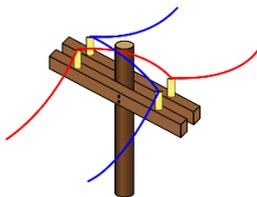


Рис.1. Транспонирование провода на вершине полюса

Существует множество разновидностей витой пары, они отличаются конструктивными особенностями и пропускными частотными диапазонами кабеля. Различают 8 категорий пропускной способности: Cat.1, Cat.2, Cat.3, Cat.4, Cat.5, Cat.6, Cat.7, Cat.8. Последняя категория является на сегодняшний день самой передовой.



Рис.2. Классификация категорий кабелей витых пар

Также витая пара делится на категории по конструкционным особенностям:

1. UTP или U/UTP (витая пара, у которой защитный экран

отсутствует;

2. FTP или F/UTP – у кабеля имеется защита в виде одного внешнего фольгированного слоя;

3. STP – каждая пара проводников оснащена экраном и внешняя сторона кабеля покрыта защитным материалом, напоминающим сетку;

4. SSTP или S/FTP – каждая из пар проводников покрыта слоем материала — фольги, внешне кабель защищен экраном;

5. U/STP – у кабеля нет общего экрана, но каждая пара покрыта защитным слоем фольги;

6. SFTP или SF/UTP – каждая отдельная пара снабжена индивидуальной защитой, кабель оснащен двумя внешними экранами – фольгированным и сеткой из меди. Между ними проложен проводник-дренаж.

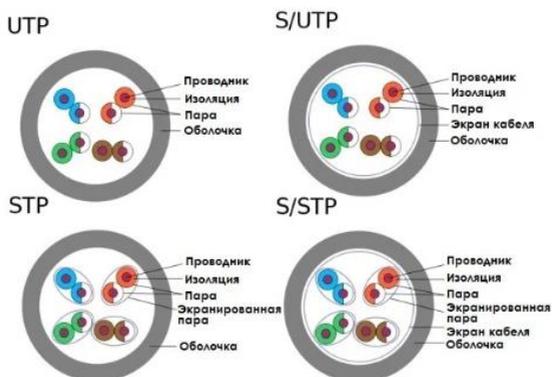


Рис.3. Разновидности кабелей

Витая пара категории Cat.8 в отличие Cat.7 обладает более высокой пропускной способностью, она поддерживает передачи данных со скоростью 40 Гбит/с и частотой от 1 МГц до 2000 МГц, и ограничена 30 метровым каналом 2-разъёма. Для этого провода используют 8-позиционный модульный 8-контактный разъём (8P8C, обычно обозначаемый как RJ45), предназначен для подключения существующих 8-позиционных модульных разъемов от структурных кабелей класса 5е до класса 7А. Это ключевое требование для производителей активного оборудования, чтобы быть совместимым с миллиардами разъемов RJ45, используемых во всем мире.

Таблица 1 - Характеристики категорий витой пары

Категория кабеля	Максимальная частота кабеля	Скорость передачи данных
Cat.6.	до 250 МГц	до 10 Гбит/с
Cat.7.	до 600 МГц	до 10 Гбит/с
Cat.8.	до 2000 МГц	до 40 Гбит/с

Кабель состоит из нескольких витых пар с сечением одного проводника 22 Аwd или диаметром 0,644 мм. Провод имеет общий защитный экран и индивидуальное экранирование отдельных пар проводников.

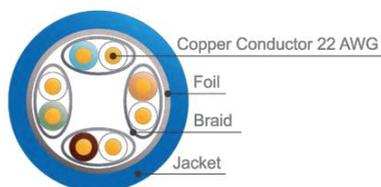


Рис.4. Строение витой пары категории Cat.8

Международные органы стандартизации ISO и IEC определили 2 варианта кабельной разводки для поддержки 25 Гбит/с и 40 Гбит/с, они относятся к Cat.8.1 и Cat.8.2. Они были созданы для совместимости с другими стандартами такими как ISO / IEC 11801 и EN 50173. Кабель Cat.8. идеально подходит малым и средним датацентрам. Стоимость в России на данный момент 10 метров – 1436 рублей.

Научный руководитель: доцент, к.т.н. А.Д. Ульянов

Литература:

1.Подобнее о витой паре 8 категории [Электронный ресурс]. – режим доступа: <https://anlan.ru/articles/podrobnee-o-vitoy-pare-8-kategorii> - Загл. с экрана. (дата обращения 03.04.2022)

2.Классификация [Электронный ресурс]. – режим доступа: https://www.tayle.ru/pubs/tech_detail/1374/ - Загл. с экрана. (дата обращения 03.04.2022)

3.Яндекс маркет [[Электронный ресурс]. – режим доступа: <https://market.yandex.ru/search?text=cat%20%20ethernet%20%D0%BA%D0%B0%D0%B1%D0%B5%D0%BB%D1%8C%20%D0%BA%D1%83%D0%BF%D0%B8%D1%82%D1%8C&local-offers-first=0-> Загл. с экрана. (дата обращения 03.04.2022)

Т.А. Горбунова
ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»
г. Братск, vip.tanya.gorbulnova.02@mail.ru

ЭВОЛЮЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ

По статистике, одни только жители России сейчас совершают по 144 миллиона вызовов в день. А среднестатистический человек за один год звонит по телефону почти полторы тысячи раз.

Аппарат, который сконструировал Александр Грэхем Белл, на самом деле назывался “говорящий телеграф” и выглядел так (на фотографии — копия оригинального прибора):



Рис.2. Копия телефонного аппарата, созданного А. Беллом

Это устройство состояло из небольшой мембраны и сигнального рожка для усиления звука и представляло собой трубку, где одновременно находились и передатчик и приемник. В нем не было батареи, поэтому за счет электрического сигнала люди могли общаться лишь на небольшом расстоянии. Но именно оно и стало родоначальником всех телефонных аппаратов.

История развития телефона творилась руками многих ученых и изобретателей, которые совершенствовали и аппарат, и систему связи. Так как изначально позволить себе личный телефон могли только очень богатые люди, то развитие телефона шло исключительно в коммерческом направлении. Ветеранами телефонной индустрии стали дисковые телефоны, которые впервые начали производиться в 1896 году. Когда же возник кнопочный аппарат, то началось его активное совершенствование и внедрение дополнительных услуг.

Первый действующий телефон с возможностью набора номеров при помощи диска был представлен в 1897 году. Его сконструировала

«Автоматическая электрическая компания», основанная в 1891-м в Канзас-Сити гробовщиком Алмоном Строуджером (1839–1902). Убежденный, что сотрудница телефонной станции переводит входящие звонки клиентов на его конкурента, Строуджер изобрел и запатентовал прообраз современной АТС (Автоматической телефонной станции) и дисковый номеронабиратель.

Поначалу модель телефона с наборным диском не имела привычных отверстий: их заменяли зубчики, расположенные не по всей окружности, а примерно на 170 градусов.



Рис.3. Дисковый телефон

В 1973 году появился первый работающий аппарат компании «MOTOROLA», ее создателем является доктор Мартин Купер. Моторола Дайна-Тек, так называемая первая трубка. Ее вес составлял чуть меньше килограмма и высотой 22 сантиметра, без учета гибкой антенны, а толщина 12 сантиметров, аккумулятор позволял общаться 35 минут, но заряжать приходилось чуть больше 10 часов. Первый звонок с этой трубки состоялся 3 апреля 1973 года в Нью-Йорке.

Повсеместное внедрение телефонной связи решило множество проблем, с которыми раньше приходилось мириться. Теперь можно было за считанные секунды установить голосовую связь с абонентом, который находился иногда на другом конце планеты. Телефон изменил способы ведения бизнеса, придав ему динамику. Передача важной деловой информации стала занимать минуты, а не часы и дни, как было раньше.

Более века развивалась телефонная связь, становясь качественной и доступной. Еще один технологический прорыв был совершен, когда ученые открыли принципы, позволившие сделать телефон беспроводным. С конца прошлого века началось внедрение мобильной и спутниковой телефонной связи. Теперь для разговора с абонентом не

требовалось прокладывать дорогостоящие телефонные линии, нуждавшиеся в обслуживании.

Современный мобильный телефон стал неотъемлемой частью быта во всех уголках планеты. Такое устройство превратилось в мощный многофункциональный комплекс, который позволяет управлять банковским счетом, выходить в интернет или же прослушивать радио.

В настоящее время в мире насчитывается 3.5 миллиарда мобильных телефонов, при этом 150 миллионов ежегодно просто выбрасывается, просто потому что надоели. Самый короткий срок жизни телефона у корейцев: они меняют устройства не реже одного раза в 11 месяцев.

Научный руководитель: к.т.н., доцент А.Д. Ульянов

Литература:

1. Компания Белла в истории телекоммуникаций России. Режим доступа: <https://www.computer-museum.ru/connect/bell.htm> (Дата обращения: 7.04.2022)

2. Этот день в истории: 1876 год – Белл запатентовал новый телефон. Режим доступа: <https://eadaily.com/ru/news/2017/03/07/etot-den-v-istorii-1876-god-bell-zapatentoval-telefon> (Дата обращения: 7.04.2022)

3. Эволюция развития мобильного телефона с XIX по XXI. Режим доступа: <https://present5.com/evolyuciya-razvitiya-mobilnogo-telefona-s-xix-po-xxi/> (Дата обращения: 10.04.2022)

4. Как телефон изменил наш мир. Режим доступа: <https://www.kakprosto.ru/kak-867976-kak-telefon-izmenil-nash-mir> (Дата обращения: 11.04.2022)

А.О. Князева

*ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»
г. Братск, nastyaknyazeva2019@mail.ru*

МЕТОДЫ ДОСТУПА К ОБЩЕМУ КАНАЛУ В БЕСПРОВОДНЫХ ЛОКАЛЬНЫХ И СОТОВЫХ СЕТЯХ

Одна из основных проблем построения беспроводных систем является решение задачи доступа многих пользователей к ограниченному ресурсу среды передачи. Существует несколько базовых методов, основанных на разделении между станциями таких параметров, как пространство, время, частота и код.

Современные сотовые сети, в частности, LTE (англ. Longterm Evolution), используют централизованное управление сетью

радиодоступа, согласно которому базовая станция сотовой сети (БССС) полностью контролирует параметры передач всех подключённых к ней пользовательских устройств (включая сигнально-кодую конструкцию, время начала и длительность передачи и т.д.). Централизованное управление является возможным из-за того, что традиционно сотовые сети используют лицензируемую полосу частот, в которой разрешено передавать только устройствам оператора сотовой связи, обладающего лицензией на работу в данной полосе.

Использование централизованного управления имеет ряд преимуществ, таких как отсутствие коллизий, при передаче различных устройств, способность обеспечить гарантированное качество обслуживания и т.д. Однако оно имеет как минимум один существенный недостаток, препятствующий увеличению пропускной способности — ограниченная ширина и высокая стоимость лицензируемых диапазонов полос частот.

Большую популярность получили беспроводные локальные сети, построенные на основе технологии Wi-Fi. Они имеют совершенно другой принцип управления сетью радиодоступа, основанный на методе множественного доступа с прослушиванием несущей и избеганием коллизий (англ. а CSMA/CA, Carrier-Sense Multiple Accesswith Collision Avoidance). Это связано с тем, что беспроводные локальные сети работают в нелицензируемых каналах в диапазонах 2,4 и 5 ГГц, которые также могут использоваться другими сетями передачи данных. По этой причине метод доступа к каналу для беспроводных локальных сетей изначально был разработан для сосуществования с другими сетями на одном и том же канале, не обязательно с использованием технологии Wi-Fi.

В последние годы для решения проблемы дефицита частотных ресурсов в сотовых сетях планируется использовать не только лицензируемые, но и нелицензируемые полосы частот в диапазоне 5 ГГц. В данном диапазоне, в зависимости от страны, доступны для использования полосы частот суммарной шириной более 400 МГц. Для работы на этих частотах не нужно приобретать лицензию, что очень выгодно для операторов сотовой связи.

Рассмотрим более подробно, как метод доступа CSMA/CA реализован в беспроводных локальных сетях, построенных на основе технологии Wi-Fi. Существуют протоколы, при использовании которых устройства прослушивают сигнал в канале связи (несущую) до начала передачи, и определяют, можно передавать кадр в данный момент или следует отложить передачу во избежание коллизии. Такие протоколы имеют название CSMA (carrier sense multiple access, множественный

доступ с контролем несущей). При этом существует два типа множественного доступа: с обнаружением коллизий CSMA/CD (например, IEEE 802.3 Ethernet) и с предупреждением коллизий CSMA/CA (IEEE 802.11 Wi-Fi). В современных приложениях обычно CSMA/CA используется в неограниченных средах, а CSMA/CD в ограниченных средах. Топологией сети является звезда. Достоинством этих методов доступа является их простота, а недостатком то, что время доступа предсказуемо только исходя из статистических соображений, и сложность задания приоритетов устройствам для ускорения доступа. На рисунке 1 приведена временная диаграмма, иллюстрирующая метод доступа CSMA/CD в сети с равноправными устройствами. Рассмотрим понятие коллизии для сетей Ethernet с топологией шина.



Рис. 1. Метод доступа CSMA/CD

Станция может начать передачу кадра, если канал свободен. Если канал занят, передача кадра откладывается. Начав передачу, станция продолжает контролировать состояние канала, сравнивая вид отправленного сигнала с тем, который присутствует в линии связи. При обнаружении конфликта (коллизии) станции, участвующие в коллизии, должны прекратить передачу. Передача может быть возобновлена по истечении случайного промежутка времени. Конфликты являются нормальным, хотя и нежелательным явлением в сетях с множественным (коллективным) доступом к общей среде передачи. Общий недостаток этого метода – неопределенное время прохождения кадра через сеть, резко возрастающее при увеличении поступающей в сеть нагрузки.

Перейдем к рассмотрению методов доступа к нелицензируемому каналу в сотовых сетях. Во всех упомянутых в предыдущем разделе технологиях сотовой связи (LTE-U, LTE-LAA, NR-U) для передачи в нелицензируемом канале используется механизм объединения несущих (англ. carrier aggregation). Данный механизм позволяет БССС

передавать данные пользовательскому устройству одновременно и синхронно в нескольких каналах, как лицензированных, так и нелицензированных. В результате передача данных БССС в нелицензируемом канале имеет строго периодическую структуру, полностью аналогичную лицензируемым каналам, а БССС может начать передачу данных в нелицензируемом канале только на границе слотов в лицензируемом канале. Заметим, что длительность слотов в лицензируемом канале в сотовых сетях значительно больше слота отсрочки. Например, в сотовых сетях четвёртого поколения LTE-LAA длительность слотов в лицензируемом канале равна 500 мкс, а длительность слота отсрочки — всего 9 мкс.

В сетях LTE-U используется метод доступа к каналу Carrier Sensing Adaptive Transmission (англ. CSAT). При использовании CSAT БССС чередует периоды времени, называемые ON- и OFF-периодами. В течение ON-периода, имеющего длительность от 1 до 20 мс, БССС передает в нелицензируемом канале контрольные и пользовательские данные аналогично лицензированным каналам. В противоположность этому, в течение OFF-периода, имеющего длительность от 1 до 160 мс, БССС не передает никакие сигналы в нелицензируемом канале. Для совместного существования с другими сетями, использующая технологию LTE-U, может отслеживать их активность в течение OFF-периода (суммарно вплоть до 200 мс) и адаптивно изменять длительность каждого из периодов.

Реализация метода доступа CSMA/CA в нисходящем канале сотовых сетей, стандартизованных консорциумом 3GPP (LTE-LAA, LTE-eLAA, LTE-feLAA, NR-U), получила название LBT (англ. Listenbeforetalk). Метод доступа LBT имеет много общего с методом доступа EDCA, однако существует ряд значительных отличий.

В частности, аналогично EDCA, при использовании метода доступа LBT БССС перед каждой передачей в нелицензируемом канале выполняет процедуру отсрочки. Однако, несмотря на то, что метод доступа LBT определяет 4 аналогичные категории трафика, некоторые значения параметров метода доступа существенно отличаются. А именно, значение параметра, определяющего максимальную длительность непрерывной передачи, в стандарте Wi-Fi не превышает 4 мс для всех типов трафика, в то время как в LTE-LAA для некоторых типов трафика оно может достигать 8мс. Помимо этого, как уже было упомянуто, передача данных БССС может начинаться только на границе слотов в лицензируемом канале.

Одним из возможных решений этой проблемы, которое неявно подразумевается 3GPP, является посылка резервирующего сигнала

(шума) вплоть до ближайшей границы слотов в лицензируемом канале для того, чтобы не допустить занятия канала другими устройствами,

В дополнение к этому, в спецификациях 3GPP отсутствует какой-либо аналог механизма RTS/CTS, а также существенно отличается механизм определения коллизии, т.е. события, при наступлении которого необходимо удваивать текущее значение конкурентного окна.

Рассмотрим более подробно структуру передачи в нелицензируемом канале сотовых сетей. В сотовых сетях передача данных состоит из последовательно идущих подкадров, которые декодируются независимо. Длительность подкадра в сетях LTE-LAA составляет 1 мс, в сетях NR-U она может быть уменьшена до 500 или 250 мкс. Заметим, что кадры данных, которые оказались в коллизии, могут иметь разную длину, а также то, что все соревнующиеся за канал устройства используют метод доступа CSMA/CA. Из-за этого механизм определения коллизий в сотовых сетях учитывает только первый подкадр передачи и увеличивает конкурентное окно, только если он поврежден.

При помощи имитационного моделирования сравнили справедливость и эффективность распределения канальных ресурсов при использовании в сотовых сетях методов доступа CSAT и LBT. Согласно полученным результатам, если длительность передачи BSSC достаточно большая (50 мс), добиться справедливого и эффективного совместного существования можно как при использовании метода доступа CSAT, так и при использовании метода доступа LBT. Если же использовать более короткую длительность передачи BSSC (10 мс), метод доступа LBT оказывает более справедливое распределение ресурсов по сравнению с CSAT.

Научный руководитель: к.т.н., доцент А.Д. Ульянов

Литература:

7. Что такое сеть LTE? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/LTE> - Загл. экрана. (дата обращения 09.04.2022)

8. CSMA/CA, Carrier-Sense Multiple Access with Collision Avoidance? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://en.wikipedia.org/wiki/Carrier_sense_multiple_access_with_collision_avoidance - Загл. экрана. (дата обращения 09.04.2022)

9. Методы доступа к общему каналу? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://pdst.narod.ru/_20_el_uch/ost_wpd_01/part09.html - Загл. экрана. (дата обращения 09.04.2022)

В.Е. Купреев
ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»
г. Братск, flicker_ao@mail.ru

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИРУЮЩИМ ЗВЕНОМ

Идентификация - один из методов познания действительности, заключающийся в сопоставлении мысленного образа с объектом действительности, то есть его узнаванием. Задачей идентификации является представление реального объекта управления в виде математической модели. Конкретный выбор математической модели зависит от типа объекта.

В настоящее время понятие модели используется во многих областях науки и техники, занимающихся решением сложных задач технологии, экономики, социологии, живой природы и прочих. Эти задачи возникают при изучении свойств и особенностей объектов с целью последующего управления, при создании адаптивных систем, в которых на основе построенной модели объекта вырабатываются оптимальные управляющие воздействия.

Различные типы моделей рассматриваемых объектов, систем или процессов используются на стадии создания систем управления этими объектами и на стадии их эксплуатации. Это обуславливает актуальность проблемы построения эффективных моделей объектов технических, технологических, экономических или социальных процессов.

Построение математических моделей того или иного типа на основе результатов наблюдений за поведением объектов и исследование их свойств составляет основное содержание процесса идентификации.

Идентификация — установление тождественности неизвестного объекта известному на основании совпадения признаков.

Имеется восходящая экспериментальная переходная характеристика регулирования скорости вращения турбины БГЭС.

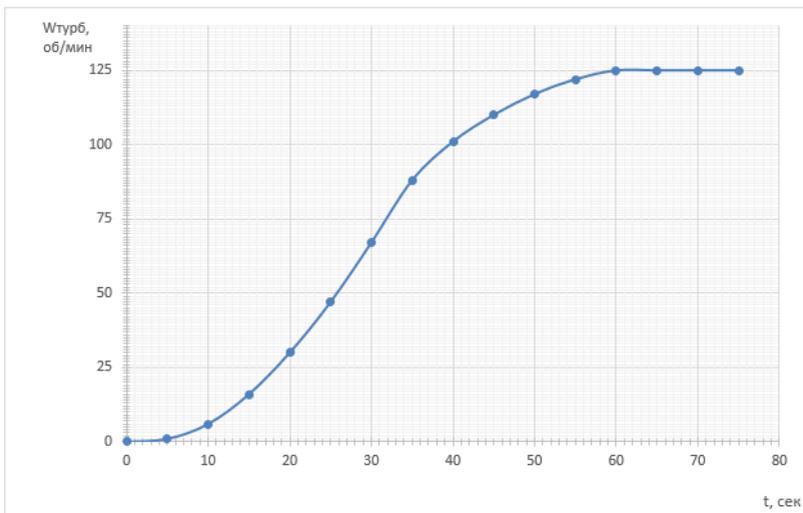


Рис.1. Исходная экспериментальная переходная характеристика

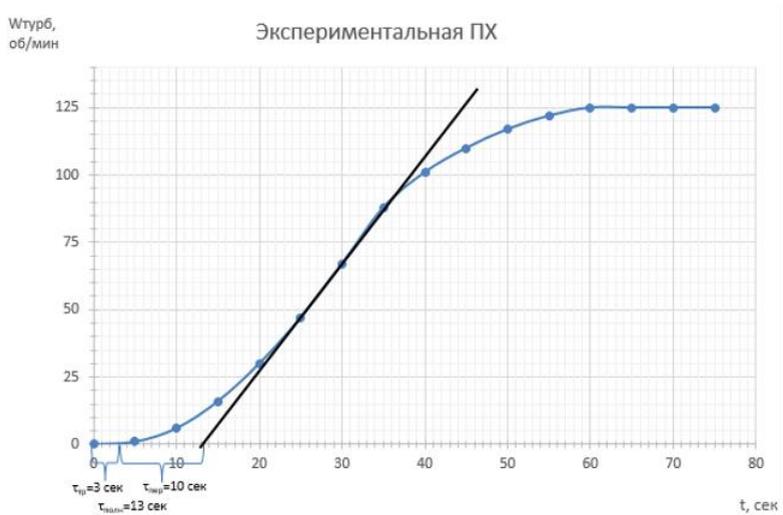


Рис.2. Экспериментальная характеристика объекта

Далее для идентификации выбранного объекта управления использовали методы, описывающие апериодическое звено.

$$W(p) = \frac{125}{620,22p^3 + 299,35p^2 + 28,368p + 1} \quad (1)$$

С помощью программы MatLab (рис.3) построим расчетную переходную характеристику по передаточной функции (рис.4)

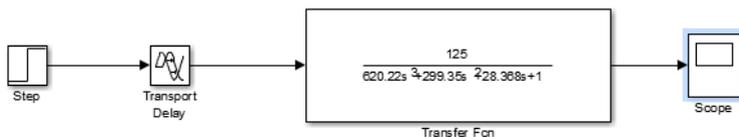


Рис.3. Схема передаточной функции в Simulink



Рис.4. Расчетная переходная характеристика методом интегральных площадей

Получили передаточную функцию для исходной характеристики, построим её в Simulink (рис.4). Определили ошибку идентификации (таблице 2), совместив расчетную и экспериментальную характеристики (рис. 7).



Рис.5. Расчетная и экспериментальная переходные характеристики

Таким образом, в ходе расчётов была получена математическая

$$W(p) = \frac{125}{620,22p^3 + 299,35p^2 + 28,368p + 1} \cdot e^{-19t} \quad (2)$$

Модель процесса регулирования скорости вращения турбины БГЭС:

Погрешность идентификации объекта не превышает 5% и составляет 4,8%. Из этого следует что математическая модель удовлетворяет условиям применимости

Научный руководитель: к.т.н., доцент О.К. Курмин

Литература:

3. Григорьева Т.А., Теория автоматического управления. Анализ линейных систем: учебно-методическое пособие. – Братск: Изд-во БрГУ, 2018. – 54с

4. Толубасв В.Н. Проектирование автоматизированных систем: учебное пособие – Братск: изд-во БрГУ, 2017. - 150 с.

5. Григорьева Т.А., Семенов Д.С. Управление техническими системами: Методические указания к выполнению лабораторных работ. – Братск: изд-во БрГУ, 2013 -27с.

6. Григорьева Т.А., Толубасв В.Н. Автоматизация технологических процессов и производств: учебно-методические пособие. – Братск: изд-во БрГУ, 2017. - 98 с.

7. Крумин О.К. Анализ влияния схемно-режимных условий на колебательную устойчивость энергосистемы // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2015. Т. 2. №2. С. 73-78.

М.С. Куценко, Д.А. Замышляйченко
 ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»,
 г. Братск, Mezilmax@gmail.com

ВЫБОР ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ВОЛС.

Существует несколько популярных систем передачи при проектировании ВОЛС. На выбор предоставляется две системы SDH и PDH, выбирать вслепую не следует, так как система PDH начинает устаревать и перед выбором нужно оценить характеристики и преимущества двух систем.

Плезиохронная цифровая иерархия (PDH) — цифровой метод передачи данных, данная технология построена на временном разделении канала и представление сигнала с помощью импульсно-кодовой модуляции (ИКМ).

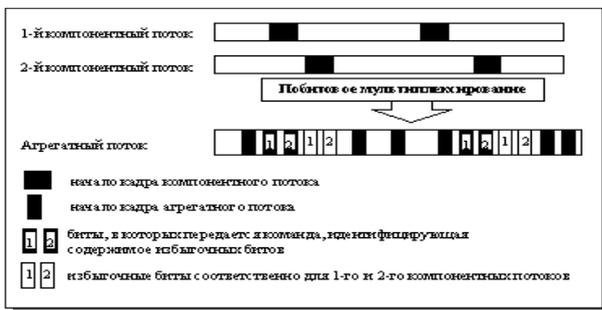


Рис.1. Плезиохронное мультиплексирование.

Основные изъяны PDH состоят, в добавлении выравнивающих бит, что делает невозможным идентификацию и их вывод. Примером может являться, передача потока со скоростью 64 кбит/с или 2 Мбит/с, введенного (зашифтого) в поток со скоростью 140 Мбит/с, без полной расшивки (выделения сигнала отдельных каналов из входного потока) данного потока и удаления выравнивающих бит. Система PDH отлично подходит, для передачи телефонных разговоров из узла одного города в другой. При таком использовании PDH сшивать и расширять

приходится достаточно редко. Если требуется связать несколько предприятий или банков с помощью PDH сети, постоянно требуется выводить поток 64 кбит/с из потока 140 Мбит/с, для того чтобы провести его, в отделение банка, либо наоборот вывести поток 64 кбит/с или 2 Мбит/с из банка для возвращения в поток 140 Мбит/с . Для осуществления операции ввода/вывода, требуется проводить трудоемкую операцию трёхуровневого расширения (демультиплексирования) PDH сигнала с добавлением или удалением выравнивающих (на всех уровнях) бит и последующего трёхуровневого сшивания (мультиплексирования) при добавление добавочных выравнивающих бит.

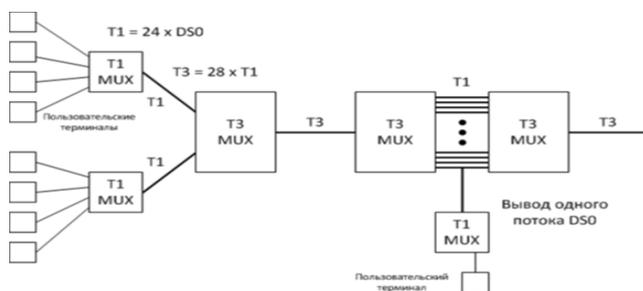


Рис.2. Мультиплексирование-демультиплексирование канала PDH.

Следующим узким местом в данной технологии — служат достаточно слабые возможности для организации служебных каналов, чтобы была непосредственная возможность контроля, мониторинга и управления потоками в сети. Отсутствуют средства для маршрутизации низовых мультиплексированных потоков, что очень важно для использования в различных сетях передачи данных.

Таблица 1 – Плезеохронная Цифровая Иерархия PDH

Уровень иерархии	Европа	Северная Америка, Япония
0	64 кбит/с	64 кбит/с
1	2 Мбит/с	1,5 Мбит/с
2	8 Мбит/с	6 Мбит/с
3	34 Мбит/с	45 Мбит/с

Синхронная цифровая иерархия (SDH) — это система передачи данных построена на принципе синхронизации по времени передающих и принимающих устройств.

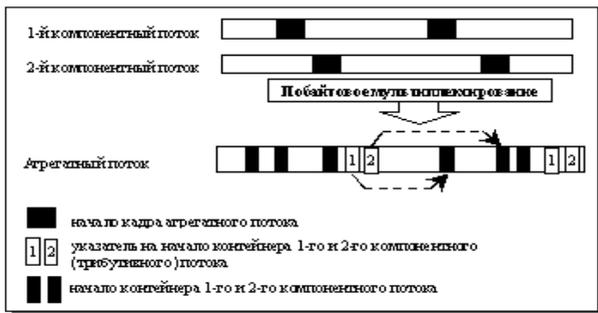


Рис.3. Синхронное мультиплексирование.

Главным отличием систем SDH от PDH является переход на более современную разновидность мультиплексирования. Система PDH основана на принципе плезиохронного (практически синхронного) мультиплексирования, следуя которому для сшивания, четырех потоков E1 (2048 кбит/с) в один единственный поток E2 (8448 кбит/с) проводится процедура выравнивания тактовых частот приходящих сигналов с помощью стаффинга. В конечном итоге при расшивании требуется исполнять процесс восстановления изначальных каналов.

В системе SDH используется синхронное мультиплексирование/демультиплексирование, которое позволяет организовать непосредственно прямой доступ к каналам PDH, передающимся в сети SDH.

Таблица 2 – Синхронно цифровая иерархия(SDH)

Обозначение потока SDH	Скорость потока, Мбит/с
STM — 1	155,52
STM — 4	622,08
STM — 16	2488,32
STM — 64	9953,28
STM — 256	39813,12
STM — 1024	159252,48

Преимущества SDH:

—строение сети упрощено в сравнении с PDH, это вызвано использованием всего одного мультиплексора;

—самовосстанавливаемость, сеть состоит из оптического волокна, передача данных по которому, не зависит от разного рода электромагнитных помех. Сеть позволяет достаточно тонко и гибко управлять сетями, если случится обрыв кабеля произойдет практически мгновенное переключение линии, в обход поврежденного участка сеть;

— гибкость которая позволяет легко управлять сетью за счёт большого количества широкополосных каналов управления сетью, а также возможностью удаленного мониторинга и отладки из одного центра;

— универсальность применения — данная технология отлично подходит для создания глобальной сети или, магистрали, способной передавать из одной точки в другую тысячи каналов (с максимальной скоростью до 40 Гбит/с), так и для малой кольцевой корпоративной сети, которая объединяет десятки локальных сетей;

— простота подключения дополнительных мощностей — оборудование размещено в универсальной стойке, что позволяет нам свободно подключать дополнительные модули для перехода на более высокую скорость, достаточно просто извлечь старый модуль и установить более современный;

Окончательный выбор системы передачи будет сделан, при прохождении преддипломной практики в ООО «Транснефть» на основе пройденного материала, с учетом всех вышеперечисленных фактов.

Научный руководитель: к.т.н., доцент О.К. Крумин

Литература:

1. Н. Н. Слепов. Синхронные цифровые сети SDH. Москва. Изд-во Эко-Трендз, 1997. С. 148.

2. В. Олифер, Н. Олифер. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. 4е издание. Санкт Петербург. 2011 С. 943.

3. И. Г. Бакланов. Технологии измерений первичной сети. Часть 1. Системы E1, PDH, SDH. Москва. Изд-во Эко-Трендз. 2000. С. 142.

А.Н. Кузнецов
 ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»
 г. Братск, andruxa1904@mail.ru

ТЕХНОЛОГИЯ 6G

Сотовая связь - один из видов радиосвязи, в основе которого лежит сотовая сеть. Ключевая особенность: общая зона покрытия делится на соты, определяющиеся зонами покрытия базовых станций. Соты перекрываются и вместе образуют сеть.

В настоящее время ведутся исследования о разработке следующей системе сотовой связи - 6G. Это беспроводная технология шестого поколения для цифровых сотовых сетей. Она будет использовать верхние пределы радио спектра и поддерживать скорости 1 Тбит/с (терабайт в секунду). Это снизит задержку связи до одной микросекунды - в 1000 раз быстрее, чем задержки 5G.

На данный момент времени 4G это та связь, которая доступна потребителям, она может обеспечивать скорость до 24 Мбит/с. Она была разработана в 2000 году, но страны начали внедрять в 2010 году. Данная технология используется по всему миру, в смартфонах, модемах, навигаторах и т.п. Следующим этапом развития сотовых сетей стал переход на 5G связь. Данную связь начали разрабатывать в 2014 году, а с 2016 года страны мира начали вводить у себя данную технологию. Она позволяет достигать скорости интернета вплоть до 25 Гбит/с. Данная технология уже реализована в мире, но используется в небольшом количестве стран, её применение находят в технологиях дополненной реальности, сельского хозяйства и градостроения.

Таблица 1 - Сравнение характеристик сетей связи

Характеристики сети	4G	5G	6G
Скорость	100 Мбит/с	20 Гбит/с	1 Тбит/с
Задержки	До 50 мс	До 1 мс	Находится в разработке
Пропускная способность	От 600 МГц до 2,5 ГГц	От 4,8 ГГц до 70 ГГц	До 1 ТГц

Технологию 6G начали исследовать в начале 2020 года. В данной технологии собираются использовать терагерцовый и субтерагерцовый диапазоны частот, что поможет существенно уменьшить задержки и увеличить скорость передачи до 1 Тбит/с. При помощи 6G сетей можно

будет улучшить автопилоты в автомобилях, которые будут принимать какие-либо действия на дороге мгновенно. Квадрокоптеры, которых используются для мониторинга лесных пожаров или поиска пропавших людей, смогут сообщать данные напрямую на сервер, а не записывать данные у себя в памяти. Большой скачок получит сфера медицины, из-за сверхнизкой задержки и высокой надёжности станет доступна удалённая хирургия.

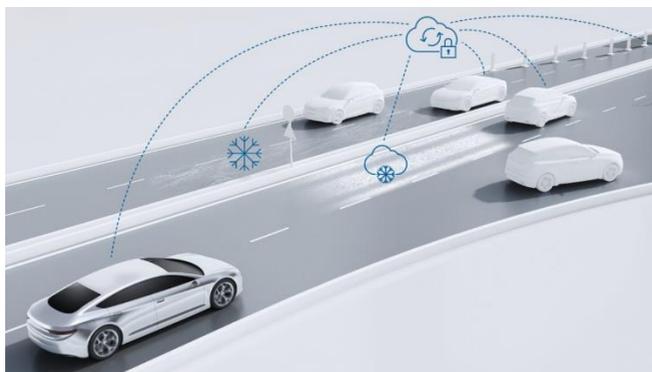


Рис. 1. Автопилот в автомобиле получает данные о состоянии дороге

Касаемо вышек для сетей 6G, если в странах уже используется технология 5G, то нужно будет просто модернизировать старые вышки под сети 6G.

В данный момент, в мире уже работают над разработкой 6G. Занимаются этим те же крупные компании, которые занимались разработкой 5G: Huawei, Samsung Electronics. Первый запуск 6G планируется в 2030 году в Японии.

Научный руководитель: к.т.н., доцент А.Д. Ульянов

Литература:

1. Что такое 6G и как быстро будет работать? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://new-science.ru/что-такое-6g-i-kak-bystro-budet-rabotat/> - Загл. экрана. (дата обращения 03.04.2022)

2. Что такое 6G? В чём отличие от 5G? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://tass.ru/ekonomika/9592603?utm_source=yandex.ru&utm_medium=organic&utm_campaign=yandex.ru&utm_referrer=yandex.ru - Загл. экрана. (дата обращения 03.04.2022)

3. Судьба пятого поколения: где будет применяться 5G и что мешает появлению нового стандарта связи в России [Электронный

ресурс]. – Режим доступа: <https://vc.ru/future/62857-sudba-pyatogo-pokoleniya-gde-budet-primenyatsya-5g-i-chto-meshaet-poyavleniyu-novogo-standarta-svyazi-v-rossii> - Загл. экрана. (дата обращения 03.04.2022)

4. Мобильная связь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studopedia.ru/3_191476_mobilnaya-svyaz.html - Загл. экрана. (дата обращения 03.04.2022)

5. 4G [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/4G#История> - Загл. экрана. (дата обращения 03.04.2022)

6. 5G [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/5G> - Загл. экрана. (дата обращения 03.04.2022)

7. 6G [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/6G> - Загл. экрана. (дата обращения 03.04.2022)

Д.И. Фарутин

*ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»
г. Братск, farutin2018yandex@bk.ru*

РАЗВИТИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМЕ ВСЕМИРНОЙ ПАУТИНЫ ИНТЕРНЕТ

Сеть Интернет вместе с персональным компьютером образует технологическую базу для развития международной концепции «Всемирного информационного общества». Прогресс не стоит на месте, всё обновляется. В реальное время подключение к Интернету возможно с помощью спутников связи, кабельного телевидения, телефонов, и т.д.

Последние открытия в сфере интернет технологий во многом послужили возникновению новых технологий способствующий помочь и упростить жизнь. Эти технологии сложны и требуют углубленного изучения, чтобы пользоваться ими, но они экономят время и делают жизнь проще.

Рассмотрим особо полезные и интересные технологии которые могут помочь и облегчить жизнь.

Цифровая трансформация:



Рис.1. Описание цифровой трансформации

Этот тренд объединяет разные направления цифровизации бизнеса, проводимые при помощи современных инструментов — блокчейна, искусственного интеллекта, социальных медиа, «умной» электроники и т.д. Использование данных технологий направлено на увеличение производительности и оптимизацию эффективности.

Цифровые трансформации дают возможность не только преувеличить прибыль, предложить потребителю продукты, востребованные «здесь и сейчас», но и сделать бизнес привлекательным для инвестиций.

Среди актуальных идеи и стартов в рамках тренда цифровой трансформации:

-Операторы дронов: беспилотники используются для картографирования, осмотра линий электропередач, обслуживания домохозяйств, доставки заказов из онлайн-магазинов.

-Введение умных систем поиска недвижимости для покупки-продажи, аренды ПО примеру различных платформ по поиску недвижимости, автоматизированная юридическая оценка квартиры, чистоты сделки.

-Строительство сборных домов: на стройплощадку доставляются модули от различных поставщиков, которые достаточно собрать наподобие детского конструктора.

-Система «умного» управления машинами одного автопарка, позволяющая в любое время отслеживать состояние, скорость, местоположение, объем затраченного топлива каждым из ТС.

-Поставки социальных роботов, чьи функции — общение, забота и уход за престарелыми людьми и инвалидами.

Интернет вещей (IoT)



Рис.2. Интернет вещей (IoT)

Вещи, подключённые к интернету, взаимодействующие с помощью виртуальной сети между собой и внешним миром, уже не связываются с одной только сферой развлечений. Голосовые помощники, тренеры здоровья, цифровые системы безопасности, страховая тематика успешно применяются в повседневности, бизнесе, на производстве. Их ключевые достоинства — автономность, возможность эффективной работы без вмешательства человека.

Популярные тренды 2020 года в области Интернета вещей:

1) «Умный» дом. Устройства от кондиционеров, термостатов до музыкальных колонок и устройства автоматического пополнения корма для животных, которыми можно управлять с помощью смартфона. Одна из новинок — мобильные роботы для квартир, офисных помещений и пригородных домов.

2) Промышленный «интернет вещей». Сенсоры для станков, всевозможные ПО для анализа масштабного объёма данных, точных вычислений, разработки дизайна.

3) Агро-IoT для использования в фермерстве, животноводстве. Дроны и «умные» инструменты для прогнозирования изменений климата, отслеживания местонахождения и состояния здоровья сельскохозяйственных животных, проверки состава почвогрунта.

4) «Умный город». Сервисы анализа пробок на дороге («Яндекс. Пробки»), снятия платы за проезд тяжеловесных грузовиков («Платон»).

Искусственный интеллект

Программы и устройства, способные выполнять неограниченное множество задач одновременно, носят название «искусственного интеллекта». Основная его особенность — полное исключение человеческого фактора. Важные преимущества ИИ — космическая

скорость обработки данных, способность обучения системы, экономия на человеческих ресурсах.

Главные тренды в области ИИ:

- Распознавание образов, речи и изображений; облачные вычисления для «умного города»;
- машинный перевод;
- проектирование «умных домов»;
- ПО для телефонов с возможностью самообучения;
- создание беспилотных автомобилей и летательных аппаратов;
- создание роботов по образу людей.

Также существуют технологии, называемые Кибероружием которые влекут за собой кибервойны.

У развития интернет-технологий и возможностей компьютерных сетей есть и другая сторона медали. Существуют так называемые вредоносные черви, которые способны устраивать шпионаж, а также диверсии электростанций, аэропортов и других жизнеобеспечивающих предприятий. Так, в 2010 году компьютерный червь Stuxnet поразил ядерные объекты Ирана, отбросив атомную программу этой страны на два года назад. Применение вредоносной программы оказалось по эффективности сравнимо с полноценной военной операцией, но при отсутствии жертв среди людей. Особенность этой программы заключена в том, что впервые в истории кибератак вирус физически разрушил инфраструктуру. Крупнейшее хакерское нападение в истории снизило скорость передачи данных во всей интернет сети. Мишенью атаки стала европейская компания Spamhaus, занимающаяся противодействием рассылке спама. Мощность DDoS-атак составила 300 Гбит/сек., при том, что мощности в 50 Гбит/сек. хватает для того, чтобы вывести из строя инфраструктуру крупной финансовой организации.

Дальнейшее развитие технологий подталкивает возникновение в сети все более совершенных продуктов, которые смогу дать еще в большей степени удовлетворение потребностей индивидуумов и общества в целом.

Научный руководитель: к.т.н., доцент А.Д. Ульянов

Литература:

1. Инновационные технологии интернет [Электронный ресурс]. <https://innov-ru.turbopages.org/innov.ru/s/science/it/innovatsionnye-tehnologii-internet/>
2. 17 трендов сегодня: от Интернета вещей и виртуальной реальности до ИИ и FinTech. [Электронный ресурс]. <https://b--mag->

ru.turbopages.org/b-mag.ru/s/17-trendov-segodnja-ot-interneta-veshhej-i-virtualnoj-realnosti-do-ii-i-fintech/

3. Тенденции развития компьютерных сетей и интернета. [Электронный ресурс]. <https://idaten.ru.turbopages.org/idaten.ru/s/technology/tendencii-razvitia-komputernih-setei-i-interneta>

4. Кариоз Дж., Росс К. Компьютерные сети. 2-е изд. [Печатный ресурс] Санкт-Петербург, 2004. С. 765

5. Интернет изнутри: Экосистема глобальной Сети. [Печатный ресурс] / Андрей Рогачевский. — М.: Альпина Пoblиже, 2015. — 223 с.

6. Марко Шварц. «Интернет вещей с ESP8266» (2016, BHV) 2-е изд. [Печатный ресурс] Санкт-Петербург, 2019. С. 224

О.О. Быргазова

*ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»
г. Братск, olyolegovna8@gmail.com*

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ (ПРОЕКТНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ) ПРАКТИКИ В АО «СВЯЗЬ ТРАНСНЕФТЬ» - «ПРИБАЙКАЛЬСКОЕ ПТУС» ОБУЧАЮЩИХСЯ НАПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ 11.03.02 ИТ_иСС

В подготовке высокопрофессиональных кадров производственная практика, которую студенты проходят в реальных условиях на предприятиях, играет значительную роль. Она обычно проводится в перерыве между учебными курсами и служит для закрепления теоретических основ, полученных на занятиях в вузе. Производственная практика дает студенту возможность окончательно убедиться в правильности сделанного им выбора. Во время ее прохождения он может проверить свой профессионализм. Конечно, особенно важных и ответственных заданий он может и не получить, но вполне способен поработать рядовым исполнителем и принять участие в решении общих производственных задач. Производственная практика, кроме того, помогает руководителям предприятий познакомиться с новыми кадрами и, если они того достойны, пригласить их к себе на работу по окончании высшего учебного заведения. Сегодня, когда система гарантированного распределения выпускников после институтов уже не работает, именно на производственной практике студенту предоставляется возможность проявить и зарекомендовать себя.

Данная практика проходит по образовательной программе 11.03.02. Инфокоммуникационные технологии и системы связи.

Производственная практика бакалавров имеет целью расширение профессиональных знаний, полученных ими в процессе обучения и практических навыков ведения самостоятельной научно-исследовательской, производственной и организационно-управленческой работы.

В качестве базового предприятия для организация производственной (проектно-технологической) практики выступает АО «Связьтранснефть»-Прибайкальское ПТУС по адресу Юбилейная, 55, г. Братск. АО «Связьтранснефть» - старейшее дочернее предприятие ПАО «Транснефть», которое является единым сетевым интегратором и оператором связи. Более шести десятилетий АО «Связьтранснефть» уверенно идет по пути стабильного развития, наращивая мощности, совершенствуя телекоммуникационные технологии. С указанной организацией ФГБОУ ВО «БрГУ» заключён договор №08-2021-78 от 30.04.2021 г. на пять лет. Четверо обучающихся могут гарантированно проходить производственную (проектно-технологическую) практику в указанной организации под наставничеством высококвалифицированных специалистов.

Перед началом выполнения производственной практики обучающийся получает направление. После медицинского осмотра он может приступить к заданию.

В результате прохождения данной производственной практики обучающийся должен приобрести следующие практические навыки, умения и профессиональные компетенции:

УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач:

УК-1.1 Выполняет поиск необходимой информации, её критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников;

УК-3: Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде;

УК-3.2 Эффективно взаимодействует с другими членами команды для достижения поставленной задачи.

УК-6: Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни:

УК-6.1 Эффективно планирует собственное время при решении поставленных задач для достижения результата.

ПК-2: Способен осуществлять монтаж, настройку, регулировку, тестирование оборудования обработку режимов работы, контроль проектных параметров работы и испытания оборудования связи, обеспечение технических параметров инфокоммуникационных систем установленным эксплуатационным параметрам.

ПК-2.1 Знает действующие отраслевые нормативы, определяющие требования к параметрам работы оборудования, каналов и трактов.

ПК-3: Способен к развитию коммутационных систем и сетевых платформ, сетей передачи данных, транспортных сетей и сетей радиодоступа, спутниковых систем связи.

ПК-3.1 Знает принципы построения и работы сетей связи и протоколов сигнализации, стандарты качества передачи данных и голоса, применяемый в сети организации связи, Законодательство Российской Федерации в области связи; принципы работы и архитектура различных геоинформационных систем.

ПК-6: Способен оценивать параметры безопасности и защиты программного обеспечения и сетевых устройств администрируемой сети с помощью специальных средств управления безопасностью.

ПК-6.2 Знает основные принципы, протоколы и программные криптографические средства обеспечения информационной безопасности сетевых устройств.

В результате освоения дисциплины производственная (проектно-технологическая) практика обучающийся должен

Знать:

методологию сбора научно-технической информации по тематике проекта; принципы функционирования профессионального коллектива, понимать роль корпоративных норм и стандартов; содержание процессов самоорганизации и самообразования, их особенностей и технологий реализации, исходя из целей совершенствования профессиональной деятельности; действующие отраслевые нормативы, определяющие требования к параметрам работы оборудования, каналов и трактов; принципы построения работы сетей связи и протоколов сигнализации, стандарты качества передачи данных и голоса, применяемый в сети организации связи, Законодательство Российской Федерации в области связи; принципы работы и архитектура различных геоинформационных систем; основные принципы, протоколы и программные криптографические средства обеспечения информационной безопасности сетевых устройств.

Уметь:

выполнять поиск необходимой информации, её критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников;

эффективно взаимодействовать с другими членами команды для достижения поставленной задачи; планировать цели и устанавливать приоритеты при выборе способов принятия решений с учетом условий, средств, личностных возможностей и временной перспективы осуществления деятельности; приемами эффективного планирования собственного времени при решении поставленных задач для достижения результата; проводить инструментальные измерения, используемые в области инфокоммуникационных технологий и систем связи; использовать нормативную и правовую документацию, характерную для области инфокоммуникационных технологий и систем связи; оценивать основные проблемы, связанные с эксплуатацией, внедрением и обеспечением информационной безопасности новой инфокоммуникационной техники;

Владеть:

навыками использования всемирной глобальной информации сети для поиска научно-технической информации по тематике проекта; приемами взаимодействия с сотрудниками, выполняющие различные профессиональные задачи и обязанности; навыками обслуживания и ремонта метрологического оборудования; навыками самостоятельной работы на компьютере и в компьютерных сетях; начальными навыками отладки с использованием соответствующих отладочных средств, программного обеспечения сигнальных процессов и микроконтроллеров.

Пример задания на практику:

ЗАДАНИЕ на производственную (проектно-технологическую практику)

Обучающийся _____ Курс _____

Название предприятия АО «Связьтранснефть» Прибайкальское ПУС Братский ЦЭС

Руководитель практики от университета Крумин О.К.

1. Пройти инструктаж по экологической и пожарной безопасности и охране труда;
2. Получить первичные профессиональные умения и навыки, в том числе первичные умения и навыки научно-исследовательской деятельности;
3. Провести измерения с помощью цифрового датчика уровня топлива Omnicomm LLS4 и выполнить обработку результатов эксперимента;
4. Получить навыки работы с контрольно-измерительными приборами, виртуальными средствами измерений,

техническими средствами приема, преобразования и передачи измерительной и командной информации по каналам связи;

5. Ознакомиться с функциональными компонентами автоматики, коммутационными элементами, общими принципами построения сетей передачи данных.

Задание выдал _____ «__» _____ 20__ г.

Перед началом прохождения практики обучающийся должен явиться в отдел кадров АО «Связьтранснефть»-Прибайкальское ПТУС, расположенное по адресу г. Братск, ул. Юбилейная, 55, со следующими документами: паспортом, студенческим билетом, направлением и заданием на практику. После прохождения инструктажа по охране труда и пожарной и электробезопасности обучающийся приступает к выполнению индивидуального задания. Отметить в дневнике, направлении на практику дату прибытия и убытия, получить производственную характеристику, отчитаться руководителю практики от предприятия и прибыть в установленный срок в университет. В университете, предоставить руководителю практики оформленный и заверенный печатями организации дневник, направление, анкету работодателя, письменный отчет о выполнении всех заданий для аттестации по практике.

Для упорядочивания всех заданий и указаний по производственной (проектно-технической) практике необходимо создать методические указания.

Научный руководитель: к.т.н., доц. каф. УТС О.К. Крумин

Литература:

1. Гордиенко В.Н., Тверецкий М.С. Многоканальные телекоммуникационные системы: учебник для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 416 с.

2. Цифровые и аналоговые системы передачи: учебник для вузов / В.И. Иванов, В.Н. Гордиенко, Г.Н. Попов и др.; под ред. В.И. Иванова. – 2-е изд. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 232 с.

3. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей: учебник для вузов / В.В. Крухмалев, В.Н. Гордиенко, А.Д. Моченов и др.; под ред. В.Н. Гордиенко и В.В. Крухмалева. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 510с.

4. Проектирование и техническая эксплуатация цифровых телекоммуникационных систем и сетей: учеб. пособие для вузов / Е.Б. Алексеев, В.Н. Гордиенко, В.В. Крухмалев и др.; под ред. В.Н. Гордиенко. – М.: Горячая линия – Телеком, 2008. – 392 с.

5. Широкополосные беспроводные сети передачи информации / В.М. Вишневский, А.И. Ляхов, С.Л. Портной, И.В. Шахнович. – М.: Техносфера, 2005. – 592с.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

Руководитель секции зав. кафедрой информатики, математики и физики доктор технических наук, профессор Д.Б. Горохов

В.Е. Васьков, Н.А. Мошковский

ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»
г. Братск, anerin_sidiver@outlook.com, nikitamoshk@yandex.ru

ИЗУЧЕНИЕ API СЕРВИСА «ЯНДЕКС.МУЗЫКА»

В условиях применения экономических санкций против России многие зарубежные кампании покидают российский рынок, прекращают продажи своих продуктов и ограничивают доступ к своим ресурсам из-за невозможности оплаты со стороны покупателей и пользователей. В их числе – популярные аудио стриминговые сервисы, такие как Spotify (Швеция), Deezer (Франция), Apple Music и YouTube Music (США), которые используют подписочную бизнес-модель и взимают с подписчиков регулярную плату за доступ к большому объему медиаконтента.

Одним из отечественных сервисов потокового аудиоконтента является «Яндекс.Музыка», позволяющий прослушивать музыкальные композиции, подкасты и аудиокниги. Сервис доступен на четырёх платформах: iOS, Android, Windows и Web, но эти приложения не имеют такой базовой функции, как сортировка плейлистов, которая присутствует в приложениях зарубежных сервисов. Кроме того, приложения на разных платформах имеют разный функционал: Android-приложение использует ограниченное число видов Потоков (подборки, сгенерированных сервисом под род занятий или под настроение); Windows-приложение и веб-приложение не позволяют добавить трек в очередь воспроизведения вслед за текущим. Стоит заметить, что приложения на ОС Linux не существует.

Была поставлена цель: изучить API сервиса «Яндекс.Музыка» для разработки приложения, в котором будут устранены перечисленные недостатки официальных версий приложения.

API (от англ. Application Programming Interface – «программный интерфейс приложения») – это механизмы, позволяющие двум программным компонентам взаимодействовать друг с другом, используя набор определений и протоколов. Например, приложение будет посылать серверу запрос с определенными атрибутами и получать соответствующий ответ.

На начальном этапе для определения возможностей API была создана пилотная версия приложения (рис. 1), в функционал которой

входит получение списка плейлистов и треков отдельного плейлиста, получение метаданных плейлиста и метаданных трека, а также воспроизведение трека.

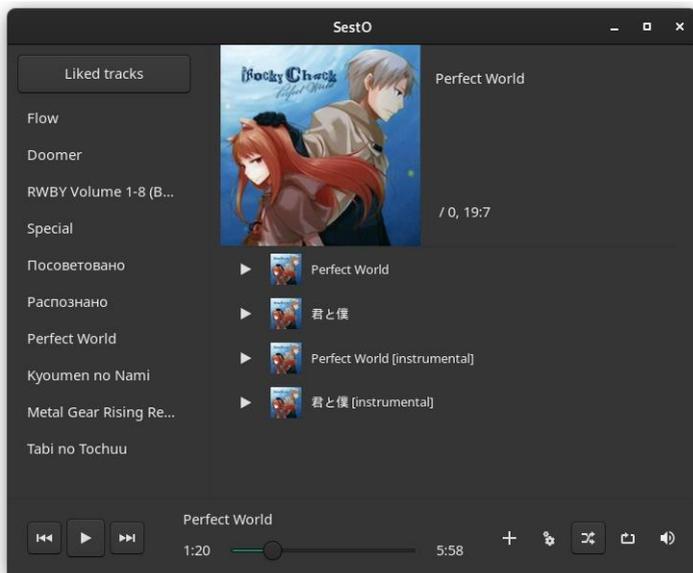


Рис.1. Окно пилотной версии приложения

Для создания GUI (от англ. Graphic User Interface – «графический пользовательский интерфейс») была выбрана кроссплатформенная библиотека элементов интерфейса GTK. Языком разработки является Python, так как он хорошо подходит для работы с запросами, благодаря библиотеке requests.

Работа с API производится посредством запросов к API «Яндекс.Музыка» по URL `<https://api.music.yandex.net>`. Ответом является текст в формате json. Например, ответом на запрос

GET `<https://api.music.yandex.net/users/917061213/playlists/list>` является список плейлистов пользователя с id 917061213 в формате json. Часть полученного ответа, из которого можно получить метаданные плейлиста, такие как название плейлиста, количество треков в плейлисте, id владельца плейлиста:

```
<...>
"made_for": "None",
"play_counter": "None",
```

```
"playlist_absence": "None",  
"uid": 917061213,  
"kind": 1035,  
"title": "Flow",  
"track_count": 2,  
<...>
```

Следующим этапом будет создание полноценного приложения, в которое кроме основного функционала официальных приложений будет входить сортировка плейлиста, сбор и предоставление статистики прослушивания пользователя, формируемая в режиме реального времени. Планируется выпуск приложения на платформе ОС Linux.

Научный руководитель: старший преподаватель Л.В. Васильева

Литература:

1. GTK Documentation. Документация GTK [Электронный ресурс]
URL: <https://docs.gtk.org>.

2. Yandex Music API. Документация API «Яндекс.Музыка» [Электронный ресурс] URL: <https://yandex-music.readthedocs.io/en/latest/index.html>.

3. Что такое API? – Руководство для начинающих специалистов по работе с API – AWS [Электронный ресурс] URL: <https://aws.amazon.com/ru/what-is/api/>

В.В. Гайдабур, А.С. Позднякова, В.С. Давиденко
ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»

г. Братск, davidenkopersonal@mail.ru,

*МБОУ «СОШ №45», г. Братск, nastyapozdnyakovabratsk@mail.ru,
viktoriagaydabura@gmail.com.*

ОБЗОР АЛГОРИТМОВ ШИФРОВАНИЯ

Представление конфиденциальной информации в таком виде, чтобы она была не понятна для окружающих, возможно при использовании алгоритмов шифрования. Без шифрования невозможно представить банковские операции, мессенджеры, приложения, мобильную связь и т.д.

Для того, чтобы после шифрования информация представляла собой бессмысленный набор символов, применяются специально разработанные методы – алгоритмы шифрования.

Важной особенностью любого алгоритма шифрования является использование ключа, который утверждает выбор конкретного преобразования из совокупности возможных. Это случайная или

специальным образом созданная по паролю последовательность бит, являющаяся переменным параметром алгоритма шифрования.

За словом «криптография» скрывается древнее желание человека спрятать важную информацию от посторонних глаз. Можно сказать, что сама письменность в самом начале уже была криптографической системой, т.к. принадлежала узкому кругу людей, и с помощью неё они могли обмениваться знаниями, недоступными для других. С распространением письма возникла потребность в более сложных системах шифрования. Со времен древних цивилизаций криптография верно служила военным, чиновникам, купцам и хранителям религиозных знаний.

Одним из самых старых шифров является Сциталла — «шифр древней Спарты». Сциталла – это устройство, наиболее старый криптографический механизм о котором мы знаем. Это длинный стержень, на который наматывали ленту из пергамента по спирали. Шифруемый текст писали в строки по длине стержня, разматывали и передавали адресату. После разматывания текст становился нечитаемым. Чтобы расшифровать послание, адресату нужен был стержень точно такого же диаметра [3].

Тем не менее, одним из первых документально зафиксированных шифров является шифр Цезаря (около 100 г. до н.э.). Шифр назван в честь римского императора Гая Юлия Цезаря, использовавшего его для секретной переписки со своими генералами [3].

Шаг шифрования, выполняемый шифром Цезаря, часто включается как часть более сложных схем, таких как шифр Виженера и других. Шифр Цезаря не является криптостойким и легко поддается успешным атакам.

Шифр Цезаря — это вид шифра подстановки, в котором каждый символ в открытом тексте заменяется буквой, находящейся на некоторое постоянное число позиций левее или правее него в алфавите. Например, на 3 символа дальше по алфавиту, то есть вместо буквы А будет ставиться буква Г, вместо Б ставится Д и так далее [4].

Один из самых знаменитых и интересных шифров — это шифр Виженера. Названный именем французского дипломата XVI века, он был на самом деле изобретен независимо друг от друга разными людьми. Что интересно, Блеза Виженера при этом среди них не было, он лишь убедил в свое время Генриха III использовать его, а название этот шифр получил уже в XIX веке [5].

Шифр Виженера имел репутацию исключительно криптостойкого шифра. Но это представление было опровергнуто после того, как Касики смог полностью дешифровать его в XIX веке, хотя до этого

были известны случаи успешных криптоатак на этот шифр некоторыми опытными криптоаналитиками в XVI веке.

Шифр Виженера — это метод шифрования, в котором используются различные «шифры Цезаря» на основе букв в ключевом слове. В шифре Цезаря каждую букву абзаца необходимо поменять местами с определенным количеством букв, чтобы заменить исходную букву. Например, в латинском алфавите А становится D, В становится Е, С становится F. Шифр Виженера построен на методе использования различных шифров Цезаря в различных частях сообщения.

Чтобы повысить криптостойкость кода, шифр Виженера сдвигает каждую букву открытого текста на основе повторяющегося ключевого слова, а не постоянного значения вроде 3 или 13. Ключевое слово повторяется до конца сообщения [4].

Также довольно популярным является книжный шифр. На сегодняшний день ученые и историки не имеют четкой информации о том, когда и кем первый раз он был использован. Один из примеров использования данного шифра известен как книжный шифр Энея. Предполагается, что эта первая попытка использовать рукописный текст для шифрования и стала началом создания книжного шифра.

Над изучением и усовершенствованием книжного шифра работали в 1849 г. Мейснер в Брауншвейге, а в новейшее время Вольтер в Винтертуре. В Советском Союзе книжный шифр широко использовался и исследовался партией большевиков [3].

Книжный шифр — вид шифра, в котором каждый элемент открытого текста (каждая буква или слово) заменяется на указатель (например, номер страницы, строки и столбца) аналогичного элемента в дополнительном тексте-ключе.

Для дешифрования необходимо иметь как закрытый текст, так и дополнительный текст-ключ. В качестве дополнительного текста часто использовали распространённые книги [2].

В связи с активным развитием микропроцессорной базы в начале 70-х годов двадцатого века, появилась возможность эффективно реализовывать элементарные операции над двоичными векторами большой длины. Это привело к разработке целого класса криптографических преобразований, в частности к появлению парных шифров.

Первым парным шифром, получившим международную известность, стал шифр Люцифер, разработанный в 1971 году американскими специалистами из фирмы ИВМ под руководством Хорста Фейстеля. На протяжении нескольких последующих лет этот алгоритм несколько раз перерабатывался и в 1975 году был принят в

качестве первого американского национального стандарта. Сейчас этот алгоритм известен под названием DES (Data Encryption Standard).

Парный шифр - шифр, в котором логической единицей шифрования является некоторый блок открытого текст, после преобразования которого получается блок зашифрованного текста такой же длины. Такой способ является естественным при хранении информации в ЭВМ (Электронно-Вычислительная Машина). В парных алгоритмах шифрования информация представляется в виде двоичной последовательности, без привязки к конкретному алфавиту [2].

В большинстве стран существуют определенные ограничения на технологии шифрования. Более строгие ограничения отмечаются, например, в России и Китае, но жесткие ограничения действуют и во многих других странах. А с введением все большего числа законодательных и следственных полномочий ограничения будут только усиливаться в ближайшие годы.

Во многих странах Европы, Азии и Африки, а также в США действуют законы, позволяющие правоохранительным органам требовать от провайдеров передачи ключей шифрования или расшифровки данных.

Во многих странах Африки, Ближнего Востока и Азии существуют серьезные лицензионные требования. Это означает, что большинство продавцов или производителей продуктов криптографии должны получить лицензию перед распространением. Франция также предъявляет такое требование к любому лицу, желающему предоставлять услуги криптографии.

Некоторые страны, например, Турция, Эфиопия, Тунис и Мали, имеют некоторые лицензионные требования, но не требуют, чтобы все поставщики криптографических услуг получали лицензию.

Большинство стран имеет определённые ограничения, в области импорта или экспорта продуктов криптографии. В многих случаях для этого требуется, чтобы компания зарегистрировала себя и свой продукт в назначенном агентстве в стране, в которую они импортируют или экспортируют.

Для стран Евразийского экономического союза (ЕАЭС) – Армении, Беларуси, Казахстана, Кыргызстана и России – требуется лицензия на импорт или экспорт, разрешение и регистрация уведомления, а также анализируются различные вещи, включая список криптографических алгоритмов, максимальная длина ключа, список реализуемых протоколов, способ использования шифрования, тип данных и способ шифрования данных.

Деятельность в области криптографии ограничена как при ее осуществлении на территории России, так и при ввозе и вывозе криптографических средств. Регулирование деятельности в области криптографии на территории РФ осуществляется российскими нормативными правовыми актами, ввоз и вывоз криптографических средств регламентируется актами Евразийской экономической комиссии.

Методы шифрования используют как частные и юридические лица, так и государственные структуры. Так, США имеют государственный стандарт шифрования AES. Российская Федерация использует алгоритм блочного шифрования ГОСТ 28147-89 и алгоритм цифровой подписи ГОСТ Р 34.10-2001.

Деятельность, связанная с криптографическим шифрованием, подлежит контролю со стороны государства. Криптография в России регулируется документом «Об утверждении положений о лицензировании отдельных видов деятельности, связанных с шифровальными (криптографическими) средствами», постановленным Правительством Российской Федерации, обязательному лицензированию подлежат шифровальные средства и техническое обслуживание этих средств.

Кром того, предоставление услуг, касающихся шифрования информации, производства криптографических средств и их разработка находятся под контролем государства. На эти виды деятельности требуется специальное разрешение.

Органом, осуществляющим регулирование и контроль в сфере криптографии, является Федеральная служба безопасности (ФСБ России).

1. Использование в сетях связи несертифицированных средств связи или несертифицированных средств шифрования при передаче сообщений в сети "Интернет", - влечет наложение административного штрафа на граждан в размере от трех тысяч до пяти тысяч рублей с конфискацией несертифицированных средств связи либо без таковой; на должностных лиц - от пятнадцати тысяч до тридцати тысяч рублей с конфискацией несертифицированных средств связи либо без таковой; на юридических лиц - от шестидесяти тысяч до трехсот тысяч рублей с конфискацией несертифицированных средств связи либо без таковой [6].

2. Нарушение требований о защите информации, установленных федеральными законами и принятыми в соответствии с ними иными нормативными правовыми актами Российской Федерации, - влечет наложение административного штрафа на граждан в размере от пятисот

до одной тысячи рублей; на должностных лиц - от одной тысячи до двух тысяч рублей; на юридических лиц - от десяти тысяч до пятнадцати тысяч рублей [6].

3. Нарушение требований о защите информации, составляющей государственную тайну, установленных федеральными законами и принятыми в соответствии с ними иными нормативными правовыми актами Российской Федерации, если такие действия (бездействие) не содержат уголовно наказуемого деяния, - влечет наложение административного штрафа на граждан в размере от одной тысячи до двух тысяч рублей; на должностных лиц - от трех тысяч до четырех тысяч рублей; на юридических лиц - от пятнадцати тысяч до двадцати тысяч рублей [6].

4. В сегодняшнем гиперинформационном мире шифровальные технологии не просто вышли на новый уровень, но и претерпели значительные изменения. Теперь криптография как наука стала серьезно изучаться и реализовываться в различных направлениях.

Несомненно, криптография будет развиваться дальше весьма активно. Одна из ее задач на будущее — разработка скоростных методов шифрования с высоким уровнем секретности. Эта задача обусловлена большим количеством каналов связи (беспроводные сети, сотовая связь), по которым передаются очень большие объемы информации.

Для демонстрации работы алгоритмов шифрования было разработано демонстрационное приложение.

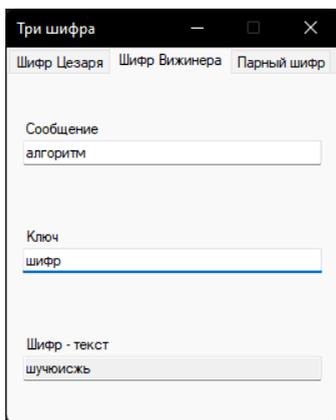


Рис. 1. Демонстрационное приложение

Языком программирования данного программного обеспечения стал язык программирования C#, в связи с тем, что данный язык включает в себя удобный функционал по формированию и управлению визуальной составляющей приложения.

В данной программе реализовано три основных алгоритма: шифр Цезаря, шифр Виженера, блочный шифр парной замены.

Для корректной работы данных шифров, были введены ограничения на размер алфавита, его объём составляет тридцать символами. То есть символы Ё, Й и Ъ заменяются по ходу выполнения программы соответственно на Е, И и Ь.

Научный руководитель: к.т.н. О.В. Сташок

Литература:

1. В.М. Фомичев. Криптография - наука о тайнописи: Учебное пособие / В.М. Фомичев. – Москва: Прометей, 2020. – 66 с.
2. Граймс Роджер А. Апокалипсис криптографии / Граймс Роджер А., пер. с англ. Яроцкий В.А. – Москва: ДМК Пресс, 2020. – 298 с.
3. Ю. А. Зуев. Современная дискретная математика. От перечислительной комбинаторики до криптографии XXI века / Ю. А. Зуев. – Москва: Едиториал УРСС, 2020. – 720 с.
4. Е. И. Деза. Введение в криптографию: Теоретико-числовые основы защиты информации / Е. И. Деза, Л. В. Котова. – Москва: Едиториал УРСС, 2022. – 376 с.
5. А. И. Музыкантский. Лекции по криптографии / А. И. Музыкантский, В. В. Фурин. – Москва: Едиториал УРСС, 2019. – 94 с.
6. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях от 30.12.2001 № 195-ФЗ (ред. от 02.08.2019) // Собрание законодательства РФ. - 07.01.2002.

М.С. Кожевников, Д.Ю. Бодунов, С.А. Стенечкин
*ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»
г.Братск, goldenseewolf@mail.ru*

МБОУ "СОШ № 45" sergejsteneckin@gmail.com, wine.lv@mail.ru

ВАРИАНТ АНАЛИЗА ТЕПЛОВИЗИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНСФОРМАТОРА

Трансформатор предназначен для преобразования переменного тока одного напряжения в переменный ток другого напряжения. Увеличение напряжения осуществляется с помощью повышающих трансформаторов, уменьшение – понижающих.

Трансформаторы применяют в линиях электропередачи, технике связи, в автоматике, измерительной технике и других областях.

В соответствии с назначением различают:

1. силовые трансформаторы для питания электрических двигателей и осветительных сетей;
2. специальные трансформаторы для питания сварочных аппаратов, электропечей и других потребителей особого назначения;
3. измерительные трансформаторы для подключения измерительных приборов.
4. Для корректного анализа температурного режима трансформатора планируется установить датчики температуры в следующих точках (рис. 1):
 - на внешних контактных соединениях;
 - на системах охлаждения (маслонасосы, вентиляторы, радиаторы);
 - термосифонных фильтрах и маслорасширителя;
 - на обмотках перед верхним ярмом магнитопровода в обмотке высокого и низкого напряжения.

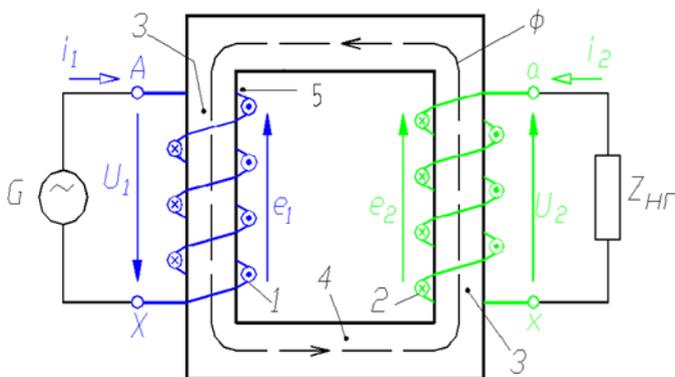


Рис. 1. Пример расположения инфракрасного датчика для однофазного двух обмоточного трансформатора
1,2 – обмотка; 4 – ярмо; 3,5 – инфракрасные датчики

Цель работы: разработать программу, которая путём снятия температурных показателей с трансформатора, будет выводить на экран диспетчерского пункта, информацию о различных ошибках и неисправностях оборудования.

Возможные виды неисправностей трансформатора:

1. перегрев. Происходит вследствие перегрузки или короткого замыкания во вторичной сети. При нарушении изоляции из-за вибрации, возникающей при «гудении» устройства. Такая вибрация появляется если пластины, которые должны быть плотно прижаты друг к другу, начинают вибрировать внутри аппарата;

2. отсутствие напряжения в обмотке, возникающее из-за обрыва подводящих кабелей (данная ситуация очень редкая).

3. ослабление контактных соединений, вызывает локальный нагрев;

4. дугообразование, или большие разрушающие токи, происходящее из действия токов КЗ;

5. легкое искрение, или небольшие разряды, происходит при наличии межвиткового замыкания;

6. общий перегрев из-за недостаточного охлаждения или постоянной перегрузки;

С помощью тепловизионного обследования можно определить состояние вводов, контактных соединений, системы охлаждения и других элементов трансформатора. При наличии тепловизора с минимально разрешающей способностью $0,05\text{ }^{\circ}\text{C}$ возможно тепловизионное обследование внутренних узлов трансформатора за счет проецирования перегретых участков на стенки бака.

Результаты тепловизионного обследования трансформатора оформляются типовым протоколом. Тепловизионное обследование выполняется в режиме нагрузки трансформатора. При обследовании производится тепловизионная и фотографическая съемка.

Предполагается построить активную систему контроля, позволяющую оценивать температуру в нескольких точках. Для этого необходимо использовать привода к каждому датчику. Примерный перечень дополнительного оборудования:

1. Сервопривод – 2 штуки (чтобы устройство можно было перемещать влево и вправо, и вверх-вниз). Стоимость – 2000 рублей.

2. Контроллер Arduino (Этот контроллер обрабатывает поступившие доносы и отправляет всю информацию на компьютер). Стоимость – 2500 рублей.

3. Модуль датчика температуры, не имеющий контакта. Стоимость – 1500 рублей.

4. Лазерный указатель (указывает область сканирования). Стоимость – 9000 рублей.

5. Оболочка (корпус).

6. Веб-камера. Стоимость – до 2000 рублей.

7. Резистор 2 штуки. Стоимость – 60 рублей.

Общие затраты на оборудование – 17060 рублей.

Предполагаемым достоинством устанавливаемого оборудования будет:

1. предотвращение аварий на производстве, которые могут привести к остановке производства;
2. своевременная замена оборудования;
3. повышение надежности;
4. уменьшение трудоемкости производства.

К недостаткам можно отнести:

1. выход датчиков или сервоприводов из строя;
2. потеря контактных соединений;
3. пробой кабелей.

Предполагаемый эффект:

Совокупность всех положительных средств программного обеспечения позволяет своевременно реагировать на выход из строя оборудования, тем самым увеличить производительность труда по всей производственной цепи предприятия.

Сферы применения:

Сферы применения тепловизора очень широкие, такие как крупное и мелкое производство, ГЭС, ТЭС, АЭС и др.

Практическое применение:

Средой разработки программы будет язык программирования Python.

Для работы над программой определись с тем, что будут представлять собой входные данные и выходные данные.

Пусть во входные данные будем с помощью датчиков температуры получать сигнал, который будет обрабатывать изображение и выводить на экран в зависимости от RGB исправность или не исправность прибора (рис. 2).



Рис.2. Пример вывода на экран RGB изображения.

В итоге хочется отметить, что при внедрении данной системы в производство, может иметь небольшие затраты, что будет очень выгодно для предприятия. Помимо этого, охват точек контроля тем самым можно увеличить ресурс работы.

Доработанное программное решение может быть использовано специалистами на производстве.

Научный руководитель: к.т.н. доцент М.П. Плотников

Литература:

1. Силин Л.Ф., Мураховская М.А., Мурашкин С.И. Конструирование магнитопроводов силовых трансформаторов/КрПИ. Красноярск, 1992. 88с.
2. Силовые трансформаторы. Справочная книга/Под ред. С. Д. Лизунова, А. К. Лоханина. М.: Энергоиздат 2004. - 616 с.
3. Расчёт трансформаторов. Учебное пособие для вузов. П. М. Тихомиров. М.: Энергия, 1976. -- 544 с.
4. Электромагнитные расчеты трансформаторов и реакторов. — М.: Энергия, 1981—392 с.
5. Шапошникова, С. Основы программирования на Python. Вводный курс/ С. Шапошникова. – Интернет-издание «Лаборатория юного линуксоида», 2011. – 44 с.
6. Чаплыгин, А.Н. Учимся программировать вместе с питоном /А.Н. Чаплыгин. -- М.: Альт Линукс, 2012. – 128 с.
7. Лутц, М. Программирование на Python, том I / М. Лутц. – СПб. : Символ-Плюс, 2011. – 992 с.

Ю.С. Свергунова
ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»,
г. Братск, yulya.s.02@mail.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЯЗЫКА PYTHON

Развитие энергетики на сегодняшний момент времени во всех странах мира предполагает построение в перспективе интеллектуальных сетей и новейших технологий, позволяющих адаптировать, моделировать и прогнозировать характеристики используемых аппаратных комплексов в зависимости от режимов эксплуатации. Уже в 2010 году была принята концепция технологической платформы «Интеллектуальная энергетическая система России».

На сегодняшний день энергетика – эта отрасль деятельности, в которой повсеместно увеличивается количество цифровых устройств, для которых нужны компьютерные программы.

В частности, например, внимание ученых разных стран на данный момент времени приковано к разработке высокоинтеллектуальных IT-решений в области электроэнергетики.

Отмечается актуальность создания адаптивных систем поддержки принятия решений в области анализа технического состояния оборудования. То есть речь идет об разработке и создании «умных» систем, которые сами могут идентифицировать состояние высоковольтного оборудования, или систем прогнозирования.

Востребованность программных продуктов в решении прикладных научных задач из области энергетики также не вызывает сомнений.

Одним из самых популярных высокоуровневых языков программирования является Python. Как язык программирования имеет свои преимущества перед другими языками.

Это связано с достаточно простым и понятным синтаксисом. На Python получится не только освоить сферу программирования, но и реализовать сценарии любой направленности. Среди многочисленных достоинств Python, перечислим некоторые:

- можно использовать на сервере для создания веб-приложений;
- можно использовать вместе с программным обеспечением для создания рабочих процессов;
- можно использовать для обработки больших данных и выполнения сложных и рутинных математических расчетов;
- можно использовать для быстрого создания прототипов или для разработки программного обеспечения, готового к производству.

Данный язык программирования широко востребован и при проведении различных научных исследований и организации обработки полученной информации. Программные продукты, реализованные с учетом его функциональных возможностей незаменимы при моделировании поведения систем любой сложности, при проведении анализа и установлении статистических и функциональных зависимостей на основе эмпирических данных.

Например, Python оперирует большим количеством библиотек, функционал которых применим в различных областях исследований.

В частности:

- SciPy – содержит инструменты для постановки, формулировки и планирования алгоритмов решения любых научных задач, включая детальное планирование последовательности достижения определенных результатов (рис. 1);

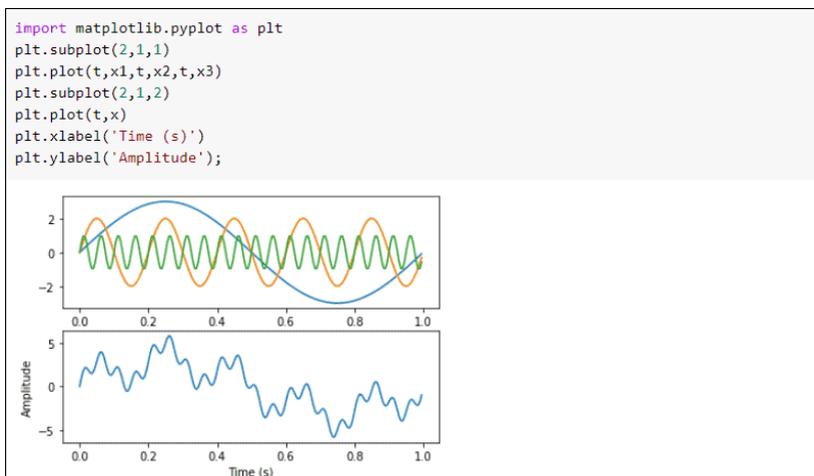


Рис.1. Пример работы библиотеки SciPy

- NumPy – назначение данной библиотеки – реализация многочисленных математических вычислений любой сложности.

В области вычислений язык программирования Python не менее продвинут, чем C++ и FORTRAN. Для осуществления математических вычислений создано расширение NumPy, работающее с уравнениями, массивами данных и другими их форматами. С момента установки этого расширения на ПК “питон” моментально интегрируется с библиотеками формул.

С помощью данного приложения можно реализовать принцип осуществления математических расчетов для статистических данных (рис. 2);

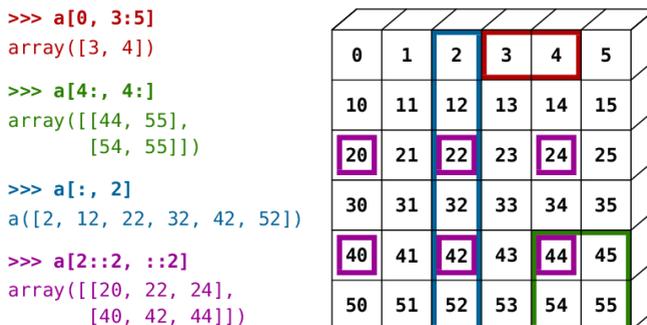


Рис.2. Пример работы библиотеки NumPy

– Matplotlib – используется для работы с графиками.

Данная библиотека позволит визуально отобразить в виде графика любые числовые данные (рис. 3).

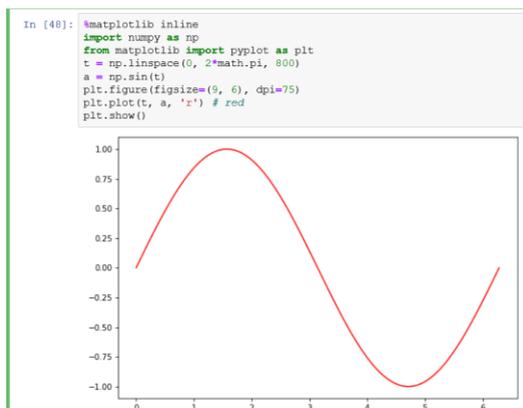


Рис.3. Пример работы библиотеки Matplotlib

Энергетика в наше время становится системой жизнеобеспечения устойчивого развития общества, а в совокупности с цифровизацией определяет условия жизнедеятельности цивилизации как «большой энергоинформационной системы».

Научный руководитель: к.т.н., доцент О.В. Сташок

Литература:

1. В чем особенности языка программирования Python и что это такое [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://composs.ru/yazyk-programirovaniya-python>.
2. Программа «Цифровая экономика РФ» (утв. распоряжением Правительства РФ от 28 июля 2017 г. № 1632-р).
3. Инновационная электроэнергетика – 21 / под. ред. В.М. Батенина, В.В. Бушуева, Н.И. Воропая. – М.: ИЦ «Энергия», 2017. – С. 317–339.
4. Федоров, Ю.Г. Инновационная энергетика-21 / под ред. В.М. Батенина, В.В. Бушуева, Н.И. Воропая. – М.: ИЦ «Энергия», 2017.

А.В. Хощенко, Д.В. Каримуллин

*ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»
г. Братск, tanaw141@gmail.ru*

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ

Появляющиеся с каждым днём новые технологии направлены на автоматизацию различных процессов, так как это позволяет сократить денежные и временные затраты, тратя освободившиеся ресурсы на более сложные задачи. Это применительно как к бытовым делам обычного человека, так и к большим производствам. Нейросети – это отличный инструмент, позволяющий автоматизировать большое количество процессов.

YOLO – это один из новых алгоритмов распознавания объектов на фото и видео. Его особенность заключается в том, что благодаря своему главному принципу – нейросеть просматривает кадр лишь один раз и по нему делает выводы – она показывает хороший результат как в правильности определения, так и во времени, затрачиваемом на обработку.

Этот алгоритм был использован нами для задачи, решение которой позволит автоматизировать и облегчить монотонный труд работников, проверяющих показания различных приборов учёта на производстве.

Для обучения нейросети необходим набор данных, имеющих определённые свойства: одинаковый размер изображений и наличие отметок о границах определяемого объекта. Для этой цели была использована программа LabelImg. Это бесплатное ПО, написанное на языке программирования Python, которое позволяет быстро и интуитивно отмечать границы на изображении, а в результате получать готовые текстовые файлы с информацией, предназначенной для

обучения нейросети YOLO. Для получения точных результатов необходимо подготовить около 300–500 изображений.

На языке Python было запущено обучение нейросети на подготовленном наборе изображений, который содержал различные приборы учёта с выделенной на них областью с показаниями. В результате были получены веса обученной нейросети, которая, получая на вход изображение счётчика, определяет в какой области находятся показания. Несмотря на то, что YOLO поддерживает определение нескольких видов объектов на одном изображении, для определения самих значений показаний нами была использована вторая нейросеть, так как уже существуют веса нейронных сетей, обученных на десятках тысяч изображений, вследствие чего точность распознавания доходит практически до 100%.

Также, отличительной особенностью данного алгоритма нейросетей является тот факт, что готовые веса обученной нейросети можно легко встроить в мобильное приложение путём преобразования файла весов в формат tflite.

Следующим шагом в решении поставленной задачи стало создание приложения на платформе Android. Мобильное приложения позволит быстро сделать фотографию прибора учета и сразу загрузить ее для обработки нейросетью. Само приложение должно обладать приятным и интуитивно понятным интерфейсом, отображать цветовую гамму предприятия, а также стабильно работать даже на бюджетных смартфонах. Для создания мобильного приложения использованы возможности программы Android Studio, позволяющей писать код на языках Java и Kotlin, а также работать над дизайном приложения, используя языки HTML и CSS.

Функционал готового приложения включает в себя главный экран с возможностью входа пользователем, т.е. клиентом компании, либо же контролёром. После входа пользователь получает доступ к камере, на которой в реальном времени происходит распознавание показаний приборов учёта, вывод получившихся значений в текстовом формате для самоконтроля и кнопка отправки в базу данных компании. Нейросеть хоть и обладает высокой точностью, но не идеальной, поэтому была реализована кнопка «Корректировать», которая позволяет пользователю вручную ввести правильные значения показаний. При этом полученные данные отправятся в нейросеть на дообучение. Таким образом, точность распознавания с каждым новым использованием будет расти.

YOLO – это современный алгоритм машинного обучения, позволяющий с высокой точностью и скоростью определять объекты

разных типов на фото или видео. Помимо этого, YOLO имеет возможность работать с Android-устройствами, что намного упрощает работу сотрудников, так как нет привязки к стационарному ПК. Тем самым сильно возрастает эффективность труда за счёт его автоматизации, что позволяет охватить большее количество приборов учёта за короткий срок.

Научный руководитель: к.т.н доцент Фигура К.Н.

Литература:

1. Introduction to YOLO Algorithm for Object Detection [Электронный ресурс]. URL: <https://www.section.io/engineering-education/introduction-to-yolo-algorithm-for-object-detection/> (дата обращения: 12.09.2021).
2. Гласнер Э. Глубокое обучение без математики. Том 2. Практика / Э. Гласнер; пер. с англ. В. Яроцкий. – Москва: ДМК Пресс, 2019. – 610 с.
3. Колисниченко Д.Н. Программирование для Android / Д.Н. Колисниченко – СПб: БХВ-Петербург, 2020. – 288 с.

А. К. Шульгина

*ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»
г. Братск, ainashulgina@yandex.ru*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДИК ТЕСТИРОВАНИЯ НА ПРОНИКНОВЕНИЕ

Большинство современных компаний приходят к пониманию необходимости проведения аудита своей инфраструктуры, наработанных схем взаимодействий, бизнес-логики для обеспечения безопасности сервисов и услуг для потребителя и выполнения требований регуляторов. Одним из способов провести аудит информационной безопасности в данном ключе является «пентест», или – тестирование на проникновение.

Тестирование на проникновение является одной из методик выявления областей системы, уязвимых для вторжения и компрометации целостности и достоверности со стороны неавторизованных и злонамеренных пользователей или сущностей.

Процесс тестирования проникновения включает в себя умышленные санкционированные атаки на систему, способные выявить как ее наиболее слабые области, так и пробелы в защите от сторонних проникновений, и тем самым улучшить атрибуты безопасности.

Пробелы в безопасности появляются на разных стадиях процесса и зависят от множества факторов:

- ошибка проектирования (например, недоработки в дизайне – один из наиболее важных факторов возникновения лазеек в безопасности);
- некорректная настройка и неудачная конфигурация связанного оборудования и программного обеспечения;
- проблемы сетевого подключения (безопасное подключение устраняет возможность вредоносных атак, а небезопасная сеть обеспечивает шлюз хакерам для нападения на систему);
- погрешность коммуникации (неправильная или открытая передача конфиденциальных данных и информации среди команд или отдельных лиц);
- чрезмерная сложность системы (контролировать механизм безопасности простой сетевой инфраструктуры легко, а отслеживать утечки или любую злонамеренную деятельность в сложных системах трудно); [1]

Тестирование на проникновение позволяет:

- Выявить наиболее уязвимые места в системе информационной безопасности;
- Понять каким способом, и через какие уязвимости злоумышленник может проникнуть в информационную среду организации;
- Оценить возможный ущерб;
- Получить объективную оценку уровня системы информационной безопасности;
- Устранить выявленные уязвимости в системе информационной безопасности.

В общем случае выделяется шесть этапов тестирования на проникновения, каждый из которых одинаково важен и имеет прямую зависимость от других этапов:

- планирование и подготовка, где заключаются соглашения между сторонами и подготавливается план тестирования;
- сбор информации, где происходит разметка данных в сети, активный и пассивный сбор информации;
- определение уязвимостей, где с помощью автоматических, специальных инструментов и техники определяется наличие уязвимости;
- эксплуатация (проникновение), где подтверждается возможность взлома через найденные уязвимости;

- закрепление в системе, где происходит попытка повышения привилегий и установка бэкдоров - программ, которые устанавливают взломщики в ИС после получения первоначального доступа для возможности последующего проникновения;

- отчетность, где пентестеры предоставляют информацию обо всех найденных уязвимостях и о возможности их устранения в понятном для менеджмента организации виде.[1]

В международной практике, проведение тестов на проникновение регламентируется стандартами и методиками, которые определяют этапы тестирования, порядок испытаний тестируемых объектов, порядок взаимодействия аудитора с заказчиком и т.д.

Первая методика - OSSTMM (The Open Source Security Testing Methodology Manual). Методика является в высокой степени формализованным и хорошо структурированным документом, регламентирующем практически все аспекты тестирования на проникновение, ориентирована на тестирование преимущественно компьютерных сетей.

Методология предлагает пять основных направлений для тестирования операционной безопасности. Разделение на каналы помогает комплексно оценить уровень защищенности организации и облегчает процесс тестирования. [2]

Безопасность человека. Безопасность, которая напрямую зависит от физического, либо психологического взаимодействия людей.

Физическая безопасность. Любой материальный элемент безопасности, работа которого подразумевает физическое или электромеханическое воздействие.

Беспроводная связь. Безопасность всех беспроводных средств связи, от Wi-Fi до инфракрасных датчиков.

Телекоммуникации. Аналоговые или цифровые средства телефонной связи. В основном это касается телефонии, а также передачи служебной информации по телефонным линиям связи.

Сети передачи данных. Безопасность внутренних и внешних корпоративных сетей, интернет-подключений и сетевого оборудования.

OSSTMM - это универсальный, базовый стандарт при тестировании на проникновение, благодаря которому можно выстроить четкий план, шкалу оценивания уровня безопасности. Благодаря данному способу пентестер имеет возможность индивидуально оценить уровень безопасности учитывая при этом отраслевые и технологические характеристики компании. [3]

Методика ISSAF – Information System Security Assessment Framework. В методике ISSAF представлены несколько этапов, которые

необходимо реализовать для корректного проведения тестов на проникновение.

1. Планирование и подготовка. Перед тестированием сторонам необходимо будет подписать формальное соглашение, которое обеспечит основу для проведения тестирования и взаимную правовую защиту. В нем также будет указан порядок взаимодействия, точные даты, длительность тестирования, способы проведения тестирования.

2. Оценка. На этом этапе производится выполнение тестирования.

а) сбор информации. Для сбора информации в методике ISSAF рекомендуется использовать Интернет. При этом получаемая информация делится на две группы: техническая (DNS/WHOIS) и нетехническая (поисковые системы, группы новостей и т.д.). Данный этап позволяет выделить «точки уязвимости», которые будут использоваться в дальнейшем;

б) сетевое картографирование. Применение специальных технических средств для определения структуры сети и ее ресурсов;

в) идентификация уязвимостей. Перед этой стадией, аудитор определяет уязвимые объекты и способы их тестирования. В процессе тестирования по методу ISSAF предполагается выполнение следующих мероприятий:

г) идентификация уязвимостей почтовых сервисов;

д) выполнение углубленного сканирования сетевых информационных ресурсов и сетевых сервисов на предмет поиска известных уязвимостей;

е) верификация полученной информации об уязвимостях путем сравнения и проверки информации об уязвимостях, полученных из различных источников или различными способами;

ж) документирование обнаруженных уязвимостей;

Отметим, что в методике ISSAF для уязвимостей определяется два типа рисков: технический риск и бизнес-риск. В свою очередь каждый из них делится на 3 уровня: низкий, средний, высокий.

3. Непосредственно тестирование на проникновение.

4. Получение доступа или расширение привилегий. Получение минимальных привилегий доступа возможно через доступ к непривилегированным аккаунтам с помощью следующих способов:

а) подбор комбинаций логин/пароль путем атаки со словарем;

б) поиск пустых или стандартных паролей в системных аккаунтах;

в) выявление эксплойтов в стандартных настройках сетевого оборудования;

г) поиск публичных сервисов, допускающих определенные операции в системе (запись/создание/чтение файлов).

Конечной целью аудитора на данном этапе является получение доступа к аккаунту администратора сети.

Методика ISSAF является наиболее подробной методикой тестирования на проникновение как в теоретическом, так и в практическом плане. Эту методику можно использовать как на этапе предварительной оценки защищенности объектов сети в интересах проверки возможности их использования в составе какой-либо информационной системы, так и на этапе разработки объектов для проверки отдельных возможностей и функций ИБ.[3]

Методика OWASP предназначена для создания более защищенных веб-приложений и веб-сервисов. Главным преимуществом OWASP является то, что по представленным результатам тестов можно получить всестороннее описание всех угроз. С помощью описанных в OWASP угроз можно определить общую оценку выявленных рецендированным тестированием рисков и выработать соответствующие рекомендации по устранению недостатков.

Методику можно использовать как на этапе предварительной оценки защищенности веб-приложений в интересах проверки возможности их использования в составе какой-либо информационной системы, так и на этапе разработки веб-приложений для проверки отдельных возможностей и функций ИБ.[3]

Методика BSI (Study a Penetration Testing Mod). Определены следующие основные этапы тестирования объекта:

1. Подготовка к тестированию. Заказчик определяет объекты тестирования. Определяются ресурсы, риски, проверяемые требования по ИБ, составляется договор о проведении тестирования.

2. Разведка. Это этап пассивного тестирования, цель которого получить как можно более полную информацию об объекте, установленных операционных системах и программном обеспечении, данные о потенциальных целях атакующих, а также об известных недостатках ИБ. Данный этап включает в себя ряд подэтапов: – поиск информации об объекте тестирования; – использование обеспечивающих ИТВ для проведения компьютерной разведки объекта; – определение операционной системы и приложений; – выявление уязвимостей объекта.

3. Анализ информации и рисков. Для успешной, прозрачной и эффективной процедуры тестирования, собранная информация должна быть проанализирована перед началом этапа тестирования. Анализ должен включать в себя определение целей, потенциальные риски для объекта, вероятность причинения ущерба объекту, время, необходимое

для проведения тестирования атакующими, их ориентированность на выявленные на предыдущем этапе уязвимости объекта.

4. Попытки активного вторжения. Тестирование и анализ возможностей эксплуатации уязвимостей объекта, выявленных на этапе разведки, путем реализации атакующих.

5. Анализ результатов. Конечный отчет должен содержать оценку уязвимостей объекта, а также рекомендации по устранению уязвимостей и рисков. Отчет должен гарантировать прозрачность тестов и раскрытие уязвимостей. [3]

Данную методику рекомендуется использовать для тестирования конечного продукта. BSI является достаточно подробной, ее разработчики старались предусмотреть все аспекты тестирования на проникновение: технические, организационные, правовые.

Наиболее проработанной методикой тестирования на проникновение как в теоретическом, так и в практическом плане является методика ISSAF. Методики OSSTMM и BSI в большей степени имеют теоретический характер, при этом BSI фактически является стандартом стран-разработчиков, которых необходимо придерживаться, проводя тестирование на проникновение в этих странах. Методика OWASP, по сравнению с другими методиками и стандартами, является узко-ориентированной на тестирование веб-приложений. Сравнительный анализ по характеристикам методик на проникновение приведен в таблице 1.

Таблица 1 - Сравнительный анализ методик на проникновение

Характеристика	OSSTMM	ISSAF	OWASP	BSI
Подготовка договора на тестирование	+	+	-	+
Сбор информации об объекте тестирования	+	+	+	+
Подробные рекомендации по анализу и оценке уязвимостей	+-	+	+	+
Тестирование телекоммуникационных сетей	+	+	+-	-
Тестирование беспроводных сетей	+	+	-	-
Тестирование веб-приложений	+-	+-	+	-
Проверка безопасности физической инфраструктуры	+	+	-	-
Проверка безопасности паролей	-	+	+-	-
Проверка безопасности баз данных	-	+	+	-
Проверка безопасности исходного кода программ	-	+	+-	-
Формирование отчета о тестировании	+	+	+	+
Анализ и рекомендации по устранению найденных уязвимостей	-	+	-	+

Научный руководитель: доцент, к.т.н., К.Н. Фигура

Литература:

1. Макаренко С. И. Аудит информационной безопасности: основные этапы, концептуальные основы, классификация мероприятий // Системы управления, связи и безопасности. 2018. № 1. С. 1-29. Режим доступа: <https://scs.intelgr.com/archive/2018-01/01-Макаренко.pdf> (дата обращения 11.04.2022 г.)

2. Тесты на проникновение [Penetration tests]. Positive Technologies, 2018. Режим доступа: <https://www.ptsecurity.com/ru-ru/services/pentest/> (дата обращения 11.04.2022 г.)

3. 5 методик тестирования на проникновение. Режим доступа: <https://itglobal.com/ru-ru/company/blog/5-pentest-metodologies/> (дата обращения 11.04.2022 г.)

А.В. Брюханов

*ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»
г. Братск, bryuhanov-aleksey@yandex.ru*

ПОДРОБНЫЙ ОБЗОР И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИБЛИОТЕКИ PYTHON CONTROL SYSTEMS LIBRARY ДЛЯ АНАЛИЗА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ

Язык программирования Python за последние несколько лет стал настолько популярным, что область его применения ушла далеко за рамки решения условных математических или статистических задач. Например, на базе Python даже сейчас активно продолжают создаваться все новые и новые нейросети. Причинами этого служат множество факторов, таких как:

- Удобный и понятный синтаксис языка;
- Легкая адаптация блоков кода к множеству программ из-за отсутствия излишних символов в коде;
- Простой инструментарий для создания цельных библиотечных функций.

Последний пункт в перечне факторов оказывает наибольшее влияние на рост и поддержание популярности языка Python. Так, например, за все время существования языка было создано более 100 библиотечных функций для решения самых разных задач. В данной статье речь пойдет, как принято считать, об одной из самых важных надстроек для Python – библиотеке Control System Library.

Несмотря на наличие в названии библиотеки слов Control System, библиотека не входит в одну линейку с важнейшими встроенными

System-библиотеками языка. Control Systems Library предоставляет уникальные инструменты для проектирования цельных систем управления с линейной, обратной связью и последующего их анализа. Она дает инструментарий для определения придаточных функций и моделей в пространстве, управления моделями с использованием алгебры (дифференциальных уравнений, интегралов), а так же моделирования блок-схем для анализа в частотной и временной областях. Скажем иначе – многие пользователи для решения сложных задач проектирования пользуются специальным ПО, таким как MathLab или ScilLab. Работа с вышеуказанной библиотекой позволит нам встраивать сложные вычисления с последующей визуализацией и анализом внутрь любой другой программы. Поговорим подробнее о функциях, доступ к которым предоставляет библиотека.

За характеристику отвечают ключевые слова `tf` и `step`. Они необходимы, прежде всего, для работы с математическими операциями без проведения сложных многоуровневых вычислений. Используем `tf(num,den)`, где “num” и “den” это коэффициенты полиномов числителя и знаменателя соответственно.

$$W = \frac{s+3}{15s+6} \quad (1)$$

где W – искомое значение функции при заданном x .

При использовании библиотеки решение уравнений будет выглядеть следующим образом:

```
num= [1., 3.]
den= [15., 6.]
w = tf(num, den)
```

Для моделей, заданных сложными системами, обычно принято использовать метод объединения множества более простых элементов. Так, например, можно рассмотреть последовательное соединение двух передаточных функций.

$$W = \frac{2s+1}{4s^3+6s^2+s+3} \quad (2)$$

где W – значение отношения двух передаточных функций

Гораздо проще и нагляднее такое решение выглядит при счете в программном коде:

```
num= [2., 1.]
den= [4., 6., 1., 3.]
w = tf(num, den)
y,x = step(w)
```

Особое место в библиотеке занимает работа с переходными функциями второго и высших порядков. Их мы можем не только решить, но и визуализировать. С помощью вспомогательной библиотеки MathPlot3d на основе вычислений мы можем построить

график. В качестве примера, построим переходную функции для формулы 2 - `plt.plot(x,y,"b")`, а также ее импульсную линию `y,x=impulse(w)`, `plt.plot(x,y,"r")`.

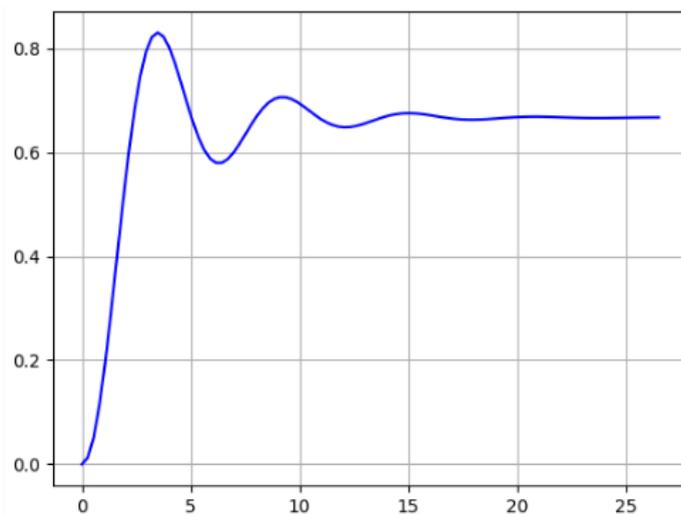


Рис.1. Переходная линия функции от времени.

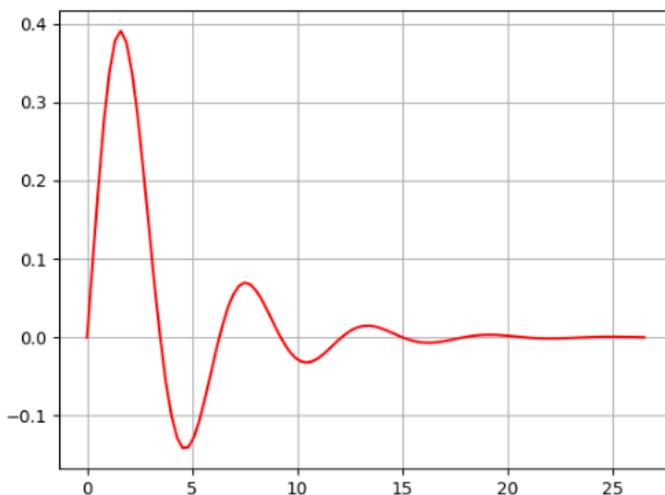


Рис.2. Импульсная переходная линия функции от времени.

Данная библиотека для обзора была выбрана не случайно. В обозримом будущем работать придется не только с простым программным обеспечением, но и с цельными системами управления, Control Systems Library позволит оптимизировать работу с системами автоматического управления. Во время работы мы сможем получать данные о быстродействии систем, показателях питания и затраченного напряжения.

Для примера – мы можем рассмотреть подключение нескольких блоков одной системы автоматического управления (САУ) при их последовательном или параллельном подключениях. В случае последовательного подключения:



Рис.3. Параллельное подключение блоков САУ.

Суммируем придаточные функции от двух блоков. Для параллельного подключения:



Рис.4. Последовательное подключение блоков САУ.

Перемножаем данные для получения цельного уравнения.

Частным случаем будут являться блоки с обратным типом связи в цепи.

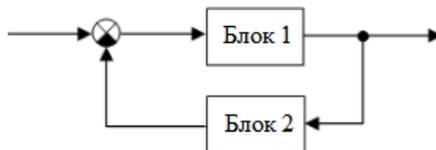


Рис.5. Подключение с обратной связью.

Для них мы определяем тип связи – отрицательная или положительная, а следом с помощью функции feedback библиотеки находим необходимую нам функцию.

Быстрое решение уравнений для мгновенного их анализа, без использования стороннего ПО, является приоритетным фактором использования библиотеки Control System Library на языке программирования Python. Встраивая библиотеку в качестве одной из вспомогательных для собственной программы можно добиться быстрого и точного решения множества сложных математических уравнений, получить визуальное представление об имеющихся данных, а также незамедлительно приступить к анализу полученных данных.

Научный руководитель: ассистент Д.О. Федорович

Литература:

1. Mark Summerfield, Python in Practice: Create Better Programs Using Concurrency, Libraries, and Patterns (Developer's Library) / Mark Summerfield - <https://cdnpdf.com/embed/38161-python-in-practice-create-better-programs-using-concurrency-libraries-and-patterns-developer%27s>

2. Клейнберг, Дж..Алгоритмы: разработка и применение. Классика Computers Science / Дж. Клейнберг, Е. Тардос. Пер. с англ. Е. Матвеева. — СПб.: Питер, 2019. — 800 с.: ил

3. Кузюрин Н.Н. Эффективные вычисления и сложность вычислений/Н.Н. Кузюрин, С.А.Фомин.- Москва:МФТИ, 2020 (издательство МФТИ). ISBN 5-7417-0198-1. - <http://discopal.ispras.ru/ru.book-advanced-algorithms.htm>

Научное издание

***Молодая мысль –
развитию энергетики***

Материалы VII (XXII) Всероссийской научно-технической
конференции студентов, магистрантов и аспирантов
15-20 апреля 2022 года

Техническое редактирование и компьютерная верстка: *А.В. Струмеляк*

Подписано в печать

Формат 60x84

Печать трафаретная

Уч.-изд. л. 21,1. Усл. печ. л. 21,1

Отпечатано в ФГБОУ ВО «БрГУ»

665709, Братск, ул. Макаренко, 40