СЕКЦИЯ 9

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГЕТИКИ

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СХЕМЫ ПРОВЕРКИ РЕЛЕ МАКСИМАЛЬНОГО ТОКА Аболешев С.Ю., Валиуллин К.Р., канд.техн.наук, доцент 1011

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ В УЧЕБНОЙ ВЕРСИИ FUSION360 Безгин А.С., канд. техн. наук 1017

ПОДГОТОВКА КАДРОВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ 13.03.02 ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ Богданов А.В., канд. техн. наук, Сазонова Т.В., канд. техн. наук 1021

ПРОВЕДЕНИЕ ДИСТАНЦИОННЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ Быковская Л.В., канд. техн. наук, доцент, Ушакова Н.Ю., канд. техн. наук, доцент..... 1024

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ Валиуллин К.Р., канд. техн. наук, доцент, Тушев С.И……...1028

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СРЕДСТВ ДОЗИРОВАНИЯ ЖИДКОСТЕЙ Гасанов М.Р., Безгин А.С., канд.техн. наук…. 1033

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА РАСЧЁТА МАСЛЯНОГО ТРАНСФОРМАТОРА Гирфанов И.И. 1040

РЕГУЛИРУЕМЫЙ ГЕНЕРАТОР ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ ЛАБОРАТОРИИ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ Яковлев Н.С., Бескоровайный А.А., Домаев Д.С., Греков Э.Л., канд. техн. наук, доцент 1047

ОБЗОР ВИДОВ ПРИВОДОВ РОБОТОВ-МАНИПУЛЯТОРОВ Волков А.В., Греков Э.Л., канд. техн. наук, доцент 1054

ВИДЫ КОНСТРУКЦИЙ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ Григорьев И.А., Греков Э.Л., канд. техн. наук, доцент 1061

РЕЙТИНГОВАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ ВУЗА Ерунов В.П., канд.техн.наук, доцент 1065

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ 6-10 КВ Влацкая Л.А., канд. техн. наук, доцент, Капатурин Д.С..... 1074

АНАЛИЗ СПОСОБОВ АВТОМАТИЗАЦИИ СОЗДАНИЯ ГИС ОБЪЕКТОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ С ПОМОЩЬЮ БПЛА Кибец А.С.; Валиуллин К. Р., канд. техн. наук..... 1079

МЕТОДОЛОГИЯ ДЕЛОВОЙ ИГРЫ КАК ИНСТРУМЕНТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ УЧЕБНО-ПРАКТИЧЕСКИХ НАВЫКОВ СТУДЕНТОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ Кильметьева О.И., Митрофанов С.В., канд. техн.наук., доцент Морозов В.А..... 1086

ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ «ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ» В УСЛОВИЯХ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ Колисниченко В.Н., Колисниченко Т.М. 1090

АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ В ОБЛАСТИ РЕАЛИЗАЦИИ УМНОЙ АУДИТОРИИ НА БАЗЕ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ Безгин А.С., канд. техн. наук, Коротков Н.В. 1096

МЕТОДЫ АНАЛИЗА ТЕПЛОВИЗИОННЫХ СНИМКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ Косенко А.А., Чернова А.Д., канд. техн. наук. 1102

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ЧАСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОРЕНБУРГСКОГО РАЙОНА В СРЕДЕ SIMULINK MATLAB Крынова Е.К., Валиуллин К.Р., канд. техн. наук, доцент 1106

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МИКРОТУРБИНЫ Митрофанов С.В., канд. техн. наук, доцент, Кенжагалиев А.А. 1113

СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК НАКОПИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ ПИТАНИЯ СОБСТВЕННЫХ НУЖД СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ Митрофанов С.В., канд. техн. наук, доцент, Перепелкин К.А. 1118

ОБЗОР ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ОБЛАСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ, РАБОТАЮЩИХ НА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКАХ ЭНЕРГИИ Митрофанов С.В., канд. техн. наук, доцент, Петров В.В. 1122

ВЫБОР ВИДА ФУНКЦИИ ПЕРЕХОДА ОТ ЕДИНИЦ ЭКСПОЗИЦИОННОЙ ДОЗЫ К ЕДИНИЦАМ АМБИЕНТНОЙ ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ДОЗЫ Мишуков М.А., Коротков Ю.В., Петрушанский М.Г., канд. техн. наук, доцент..... 1126

ПРОВОДИМОСТЬ ПАЗОВОГО РАССЕЯНИЯ ОВАЛЬНЫХ ПАЗОВ КОРОТКОЗАМКНУТЫХ ОБМОТОК РОТОРА МНОГОПОЛЮСНЫХ АСИНХНОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ВЫСОТОЙ ОСИ ВРАЩЕНИЯ СВЫШЕ 250 ММ Кутарев А.М., канд. техн. наук, доцент, Падеев А.С., канд. техн. наук, доцент……..1132

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫРАВНИВАЮЩИХ ФИЛЬТРОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ОДНОРОДНОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ РЕНТГЕНОДИАГНОСТИЧЕСКИХ АППАРАТОВ Петрушанский М.Г., канд. техн.наук, доцент..... 1139

ЭВОЛЮЦИЯ ТРЕБОВАНИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫХ СТАНДАРТОВ В ОБЛАСТИ НОРМИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ИЗЛУЧЕНИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ РЕНТГЕНОВСКИХ АППАРАТОВ Петрушанский М.Г., канд. техн.наук, доцент..... 1143

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕМЕНТОВ СЕТИ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ Полякова Л.Ю., канд. техн. наук, доцент, Андросов В.И. 1147

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНО НАПРАВЛЕННОГО ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА» Посягина Т.А. к.п.н., Панков С.Н. 1152

ОРГАНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ УДАЛЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ МАЛОЙ МОЩНОСТИ Путинин Я.С, Чернова А.Д., канд. техн. наук..... 1157

ПРОБЛЕМА РАСЧЕТА И ЭФФЕКТИВНОСТИ САМОВЕНТИЛЯЦИИ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ Рубцов А.Р. 1161

КАКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ МОЖЕТ СОЗДАВАТЬ ПОВЫШЕННУЮ ОПАСНОСТЬ ДЛЯ ОКРУЖАЮЩИХ ПО СМЫСЛУ СТАТЬИ 1079 ГРАЖДАНСКОГО КОДЕКСА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ? Саликов М.П., канд. техн. наук, доцент, Ямансарин И.И., канд. техн. наук. 1165

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ МАГИСТРАНТАМИ ЭЛЕКТРИКАМИ ТВОРЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ «НЕЧЕТКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЗАДАЧАХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ» Семенова Н.Г., д-р пед. наук, доцент, Семенов А.М., канд. техн. наук, доцент……. 1167

АНАЛИЗ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ В ОБЛАСТИ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ Семенова Н.Г., д-р пед. наук, доцент, Сидоренко Д.С. 1172

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ ТЕПЛОВЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ Соколов В.Ю., канд. техн. наук, доцент, Базаркина М.Д. 1176

ПРОЕКТ ЦТП ПРЕДНАЗНАЧЕНОГО ДЛЯ РАЦИОНАЛЬНОГО И ЭКОНОМИЧНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ, ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ, ВЕНТИЛЯЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ И АДМИНИСТРАТИВНО-БЫТОВЫХ ЗДАНИЙ Соколов В.Ю., канд. техн. наук, доцент, Васянин Е.Г., канд. техн. наук, доцент, Козловцев А.П., д-р техн. наук, профессор 1180

РАБОТА ГАЗОТУРБИННЫХ ЭЛЕКТРОАГРЕГАТОВ CAPSTONE C1000 В КЛАСТЕРЕ Карпухов В.Н., начальник службы энергообеспечения, Соколов В.Ю., канд.техн.наук, доцент 1185

МЕТЕОДАННЫЕ НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ВЫБОРА КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ИСПОЛЬЗУЕМОЙ В ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ Соколов В.Ю. канд.техн.наук, доцент, Колесникова И.В.. канд.филос.наук, доцент..... 1190

РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЕКТА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ Соколов В.Ю. канд.техн.наук, доцент, Соколова Т.Ю. канд.экон.наук, доцент…. 1194

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ УТИЛИЗАЦИИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ Соколов В.Ю. канд.техн.наук, доцент, Соколова Т.Ю. канд.экон.наук, доцент, Васянин Е.Г. канд.техн.наук, доцент 1202

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ РАБОТЫ КОТЛОВ-УТИЛИЗАТОРОВ РАБОТАЮЩИХ НА УТИЛИЗИРУЕМЫХ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДАХ Соколов В.Ю. канд.техн.наук, доцент, Соколова Т.Ю. канд.экон.наук, доцент, Козловцев А.П., д-р техн. наук, профессор 1206

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ В ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ УЧЕБНО-ЛАБОРАТОРНЫХ КОМПЛЕКСАХ Бакаев А.А., Сорокин В.А. 1213

АНАЛИЗ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ В ОБЛАСТИ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ Темиргалиев Р.Р., ВалиуллинК.Р., канд.техн. наук 1217

ОБ ОПЫТЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕСПЛАТНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В КУРСЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ Ушакова Н.Ю.,канд. техн. наук, доцент, Быковская Л.В.,канд. техн. наук, доцент 1222

ОБ ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ Шелихов Е.С., канд. техн. наук, доцент, Горбань А.А. 1225

МОДЕЛИРОВАНИЕ МИКРОСИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С НАКОПИТЕЛЕМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ Шлейников В.Б. канд. техн. наук, Зельдкин Б.С. 1228

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В МИКРОСИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ Шлейников В.Б., канд. техн. наук, Тимшина С.О., Зельдкин Б.С. 1230

ОБРАБОТКА ДАННЫХ ОСЦИЛОГРОФА ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ СНЯТИИ ВНЕШНЕГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАШИНЫ Ямансарин И.И., канд. техн. наук, Саликов М.П. ,канд. техн. наук,., доцент, Падеев А.С., канд. техн. наук,., доцент 1235

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СХЕМЫ ПРОВЕРКИ РЕЛЕ МАКСИМАЛЬНОГО ТОКА

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

Надежность работы устройств релейной защиты и автоматики (РЗиА) во многом определяется качеством и своевременностью их проверки при плановом техническом обслуживании (ТО).

Устанавливаются следующие виды планового технического обслуживания устройствРЗиА, согласно [4, 5]:

- проверка при новом включении (наладка) - (Н);
- первый профилактический контроль – (К1);
- профилактический контроль – (К);
- профилактическое восстановление (ремонт) – (В);
- тестовый контроль;
- опробование;
- технический осмотр.

Автоматизация процесса проверки устройств РЗиА позволяет сократить время ТО и время нахождения оборудования в ремонте, сэкономить физические силы обслуживающего персонала, а также уменьшить вероятность ошибок при проверке устройств РЗиА.

Для максимальных защит согласно [4, 5] при профилактическом контроле производится проверка срабатывания реле при достижении уставки срабатывания. Для подобных проверок могут быть использованы специальные установки, позволяющие автоматизировать процесс проверки устройств РЗиА.

Схема подобной проверочной установки (далее - ПУ) изображена на рисунке 1.

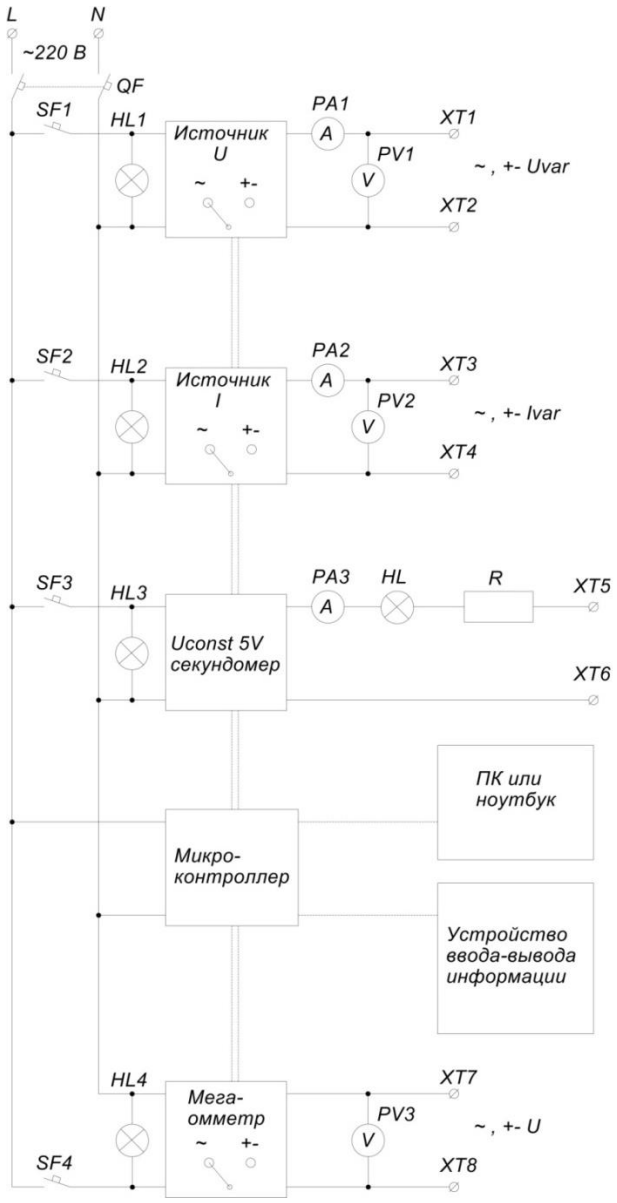


Рисунок 1 – Схема ПУ

Схема ПУ состоит из: источника тока (далее - ИТ), источника напряжения (далее - ИН), источника постоянного напряжения (далее - ИПН) и секундомера, мегаомметра, микроконтроллера и устройства ввода/вывода информации. ПУ включается в сеть 220 В. Подается питание включением автоматического выключателя (далее - АВ) QF.

Питание источников тока и напряжения осуществляется через автоматические выключатели SF1-SF3. Питание мегаомметра осуществляется включением АВ SF4.

АВ QF, SF1-SF4 служат так же для защиты соответствующих блоков от повреждений.

Сигнальные лампы HL1-HL4 сигнализируют о наличии питания соответствующих блоков.

Лампа HL сигнализирует о наличии тока в цепи ИПН. Сопротивление R служат для ограничения величины тока в цепи ИПН.

Блоки ИТ и ИН изображены в однолинейном исполнении, они имеют 6 клемм каждый, 3 вольметра и 3 амперметра каждый для проверки 2 и 3-фазных устройств РЗиА.

ИТ, ИН и мегаомметр имеют переключатели для подачи переменного или постоянного тока и напряжения.

С помощью устройства ввода/вывода задается тип реле, выбираются настройки ПУ, отражаются результаты проверки и прочая информация.

К микроконтроллеру подключается ПК для обмена информацией и настройки программы проверки ПУ.

Рассмотрим алгоритм проверки работоспособности реле максимального тока с помощью предложенной проверочной установки. Важной и контролируемой характеристикой реле является коэффициент возврата, определяющийся по формуле:

$$K_в = I_в/I_{ср}, \quad (1)$$

где $I_{ср}$ - ток срабатывания реле: наименьший ток, при котором будет срабатывать реле, называется током срабатывания реле;

$I_в$–ток возврата: наибольший ток, при котором реле возвращается в исходное положение.

Коэффициент возврата у максимальных реле меньше единицы и, как правило, находится в диапазоне $K_в$ = 0.85–0.95, у минимальных реле – больше единицы и составляет: $K_в$ = 1.15–1.18.

Измерение тока (напряжения) срабатывания и возврата на каждой проверяемой уставке должно повторяться не менее 3 раз.

Разброс параметров срабатывания и возврата у исправного реле не должен превышать 5% заданного значения.[3]

Схема подключения реле РТ к ПУ изображена на рисунке 2.

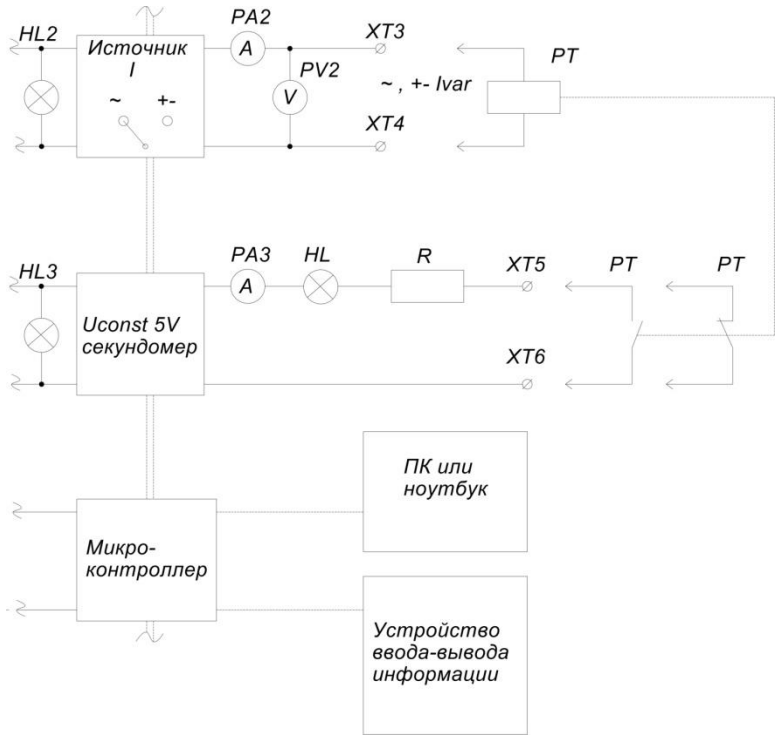


Рисунок 2 – Схема подключения реле РТ к ПУ

В процессе проверки используется катушка реле, контакты – нормально разомкнутый или нормально замкнутый.

Алгоритм проверки:

1. Проверочная установка подключается к компьютеру. С компьютера при помощи программы проверки задаем тип проверяемого реле, например, РТ-40/10. Задаем уставку реле. Для РТ-40/10 максимальный подаваемый ток равен максимальной уставке реле и составляет 10 А.

При отсутствии подключенного ПК выбор типа реле и уставки осуществляется непосредственно на ПУ.

2. Подключаются клеммы 2,8 катушки реле РТ к клеммам ИТ проверочной установки хт3, хт4.

3. Подключаются клеммы 1,3 нормально разомкнутого (далее - НР) контакта реле РТ к клеммам ПУ хт5, хт6.

4. Включается питание источника тока. Проверяется лампа HL2 «питание источника тока».

5.Включается источник тока. Плавно подается ток с шагом $\Delta I=0.5\%*I_{уст.макс}$ в течении 5 сек. до замыкания НР контакта РТ. При этом загорится лампа HL – «контакт замкнут».

6. По амперметру PA1 ПУ отслеживается изменение тока (возрастание) ИТ. ПУ запоминает значение тока,при котором НР контакт реле РТ замкнулся и принимает его за ток срабатывания.

7. После замыкания НР контакта реле РТ ПУ плавно снижает ток с шагом $\Delta I/2$ до размыкания НР контакта реле РТ.

8. Когда НР контакт реле РТ разомкнется, ПУ запоминает значение тока и принимает его за ток возврата. При этом гаснет лампа HL – «контакт замкнут».

9. После размыкания НР контакта реле РТ ПУ сразу снижает ток до 0.

10. ПУ определяет $К_в$ РТ по формуле (1).

11. ПУ сравнивает $К_в$ с заданной нормой. На первой уставке реле РТ-40 $К_в$ должно быть не ниже 0.85, на прочих уставках не ниже 0.8.

12. Полученные данные с помощью микроконтроллера ПУ заполняет в соответствующие графы протокола проверки реле, и создает файл протокола с выводом об исправности/неисправности реле. Файл сохраняется в ПУ.

Файлы протоколов проверки хранятся в ПУ. Подключив ПК, можно скачать эти файлы на компьютер.

Также с помощью проверочной установки возможно определение неисправностей реле.

На шаге 4 проверяем лампу HL«питание источника тока», наличие напряжения U, тока I по вольтметру PV, амперметру PA. Если есть наличие напряжения U, тока I– источник исправен.

Если нет тока I, то:

-либо неисправен ИТ;

- либо нет контакта на клеммах хт1, хт2,

- либо неисправность (обрыв) катушки или проводов в реле тока.

Отсутствие и напряжения U, и тока Iговорит о неисправности источника тока. В иных случаях на шаге 5 подается ток до значения $I_{под}=I_{уст.макс.реле}$, либо до замыкания НР контакта реле РТ.Если проверочный ток стал равен максимальному $I_{под}=I_{уст.макс}$, а срабатывания не произошло, необходимо проверить исправность катушки реле РТ (проверяем ее целостность замером R катушки и обрыв проводов от клемм реле тока 2, 8 до контактов катушки).

Если катушка реле исправна, проверяется механическая часть реле - контакты должны четко замыкаться от руки и размыкаться под действием возвращающей пружины.ПроверяетсяНР контакт мультиметром, замкнутый механически от руки, он должен показывать замкнутую цепь (проверка на обрыв проводов от клемм 1,3 до НР контакта реле РТ).

Таким образом, предложена схема проверочной установки устройств РЗиА и алгоритм проверки и выявления неисправностей реле максимального тока, позволяющие провести автоматизированную проверку реле максимального тока, что позволяет значительно повысить скорость и качество проверки при меньших временных затратах и обеспечивает автоматическое заполнение протоколов по результатам проверки.

Список литературы

1.Беркович М.А., Молчанов В.В., Семенов В.А. Основы техники релейной защиты, 6-е издание, М.: Энергоатомиздат, 1984 – 376 с.

2. Копьев В.Н. Релейная защита. Принципы выполнения и применения: учебное пособие.- Томск: Изд-воТомского политехнического университета, 2009. - 153 с

3. Инструкция по проверке и наладке реле тока и напряжения серий ЭТ, РТ, ЭН, РН. - М.: СПО Союзтехэнерго, 1979

4. Правила технического обслуживания устройств релейной защиты, электроавтоматики, дистанционного управления и сигнализации электростанций и подстанций 110-750 кВ, РД 153-34.0-35.617-2001

5. Правила технического обслуживания устройств релейной защиты и электроавтоматики электрических сетей 0,4 - 35 кВ, РД 153-34.3-35.613-00

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ В УЧЕБНОЙ ВЕРСИИ FUSION360

Безгин А.С., канд. техн. наук
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Компания Autodesk предоставляет студентам и преподавателям доступ к тем же программным продуктам по проектированию, которые используют ведущие специалисты в разных странах мира [1]. План для образовательных учреждений предоставляет соответствующим требованиям студентам и преподавателям бесплатный однопользовательский доступ к программному обеспечению и службам Autodesk для образовательных целей сроком на один год. Все программные продукты, доступные через портал Образовательного сообщества, доступны по подписке на программные продукты, и подписку на них можно продлевать ежегодно при условии, что это возможно.

Fusion 360 — это облачная программная платформа для 3D-моделирования, CAD, CAM, CAE и PCB для проектирования и производства продуктов [2].

В большинстве случаев любое современное оборудование в своем составе имеет одну или несколько печаных плат (PCB). Печатные планы небольших размеров применяются в различных датчиках, носимой электронике, ручных электроинструментах. Для разработки корпусов и отдельных деталей оборудования такого рода применяются CADпрограммы такие как: Компас;SolidWorks;AutodeskInventor;SolidEdge. Для разработки печатных плат используются другие программные продукты: Altium Designer; KiCad, DesignSpark PCB.

Программа Fusion 360 обладает уникальным достоинством объединяющая все выше указанные программы. Полученную цифровую модель можно использовать для проектирования всего изделия, состоящего из корпуса, механических компонентов, электрических и электронных частей.

Рассмотрим функционал блока ElectronicsFusion 360, отвечающего за разработку печатных плат.

Рабочее пространство Fusion 360 Electronics расширяет возможности Fusion 360 для создания электронных проектов и состоит из следующих элементов:

Редактора схем (Schematic design);

Редактора печатной платы (Board layout preparation);

Редакторбиблиотек (Componentlibraries);

Модуля схемотехнического моделированиясхемы (SimulatecircuitperformancewithSPICE);

Модуляподдержкиавтоматизированногопроизводства (Computer-aidedmanufacturing (CAM) support).

Модуля проверки правил проектирования(DRC) на соответствие производственным стандартам.

Электронный проектсозданный Fusion 360 представлен на рисунке 1.

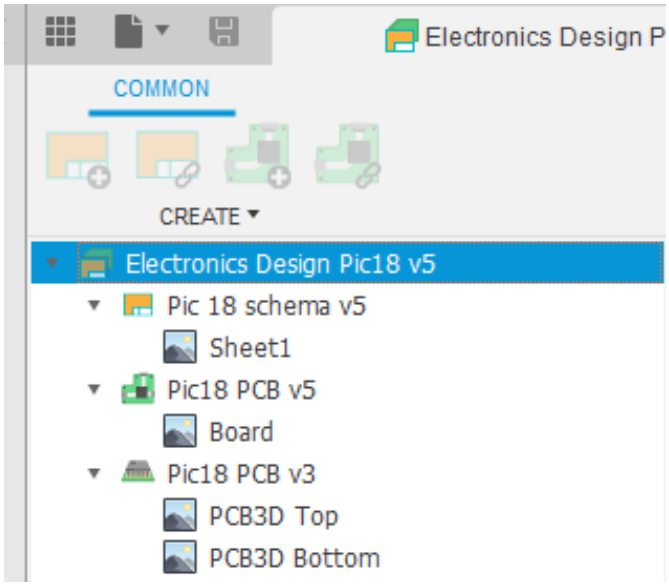


Рисунок 1 – Структура проект Fusion 360 Electronics

Проект состоит из: файла схемы (Pic 18 schemav5)изображения этой схемы (Sheeet1)1; файла печатной платы (Pic 18 PCBv5)и изображения платы с электронными компонентами и построенными дорожками проводников; файла сборки 3Dпечатной платы (Pic 18 PCBv3)с расположенными элементами и дорожками? вид сверху (PCB3DTop)и вид с низу (PCB3DBotton).

Пространство редактора схем представлено на рисунке 2.

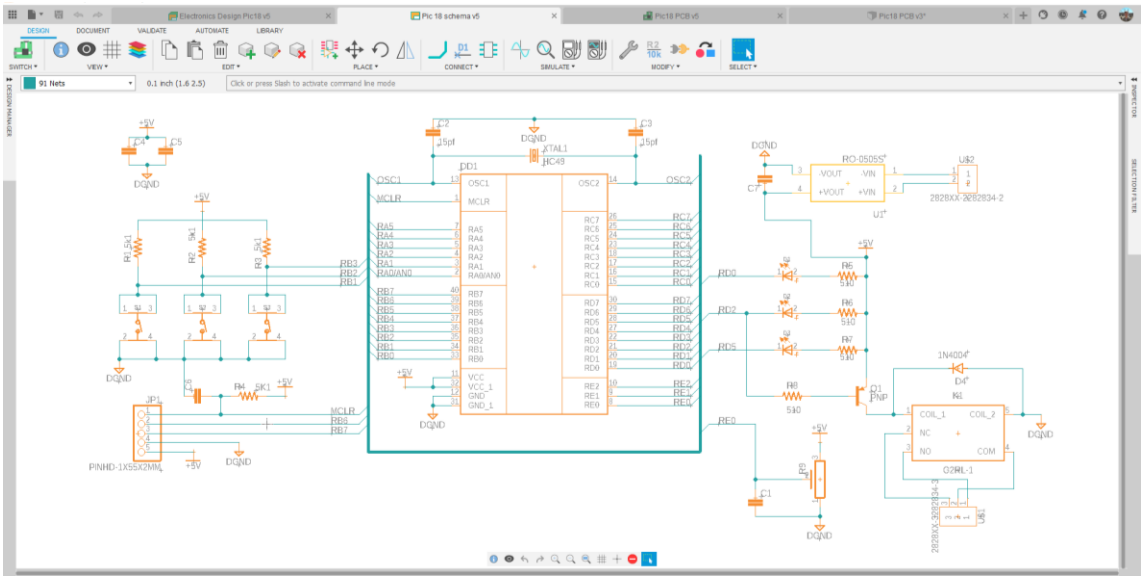


Рисунок 2 – Пространство редактора схемSchematic design

При создании схемы можно использовать достаточно большую собственную библиотеку электронных компонентов Fusion 360, экспортировать библиотеки с EAGLE[3] загрузить библиотеку, созданную другими пользователями Fusion 360 и опубликовавшими в её открытом доступе, или создать собственную библиотеку на основе элементов собственной библиотеки Fusion 360.

Библиотека обычно состоит из трех разных элементов: посадочных мест, символов, устройств и, если назначено, ссылки на 3D-модель элемента. Для создания 3Dмоделей стандартных элементов (корпусов микросхем, транзисторов диодов, резисторов и т.п.) служит генератор 3Dкорпусов (Generate a 3D package). При использовании генератора корпусов автоматически формируется посадочное место элемента.

Собранную схему можно протестировать на работоспособность при помоши модуля схемотехнического моделирования схемы (Simulate circuit performance with SPICE).

Пространство редактора печатной платы (Board layout preparation) представлено на 3 рисунке.

Геометрию будущей печатной платы можно построить в 3Dмодели проекта сборки Fusion 360 и прикрепить к разработанной схеме.

Разводка дорожек печатной платы может производится вручную, полуавтоматическим способом и автоматическим способом с применением модуля проверки правил проектирования (DRC) на соответствие производственным стандартам.

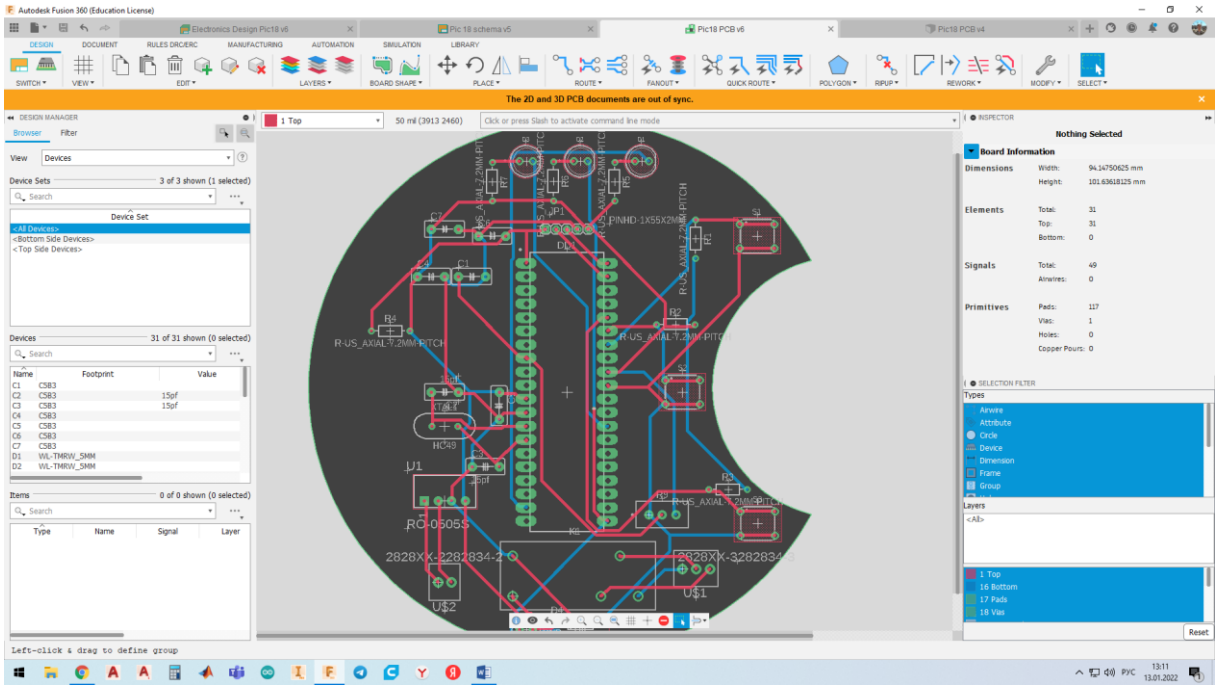


Рисунок 3 – Пространство редактора печатной платы (Board layout preparation)

На рисунке 4 представлена 3Dсборка печатной платы. 3Dмодель сборки можно использовать для общей сборки электротехнического изделия в проекте Fusion 360 или экспортировать полную сборку печатной платы в сторонние 3Dформаты.

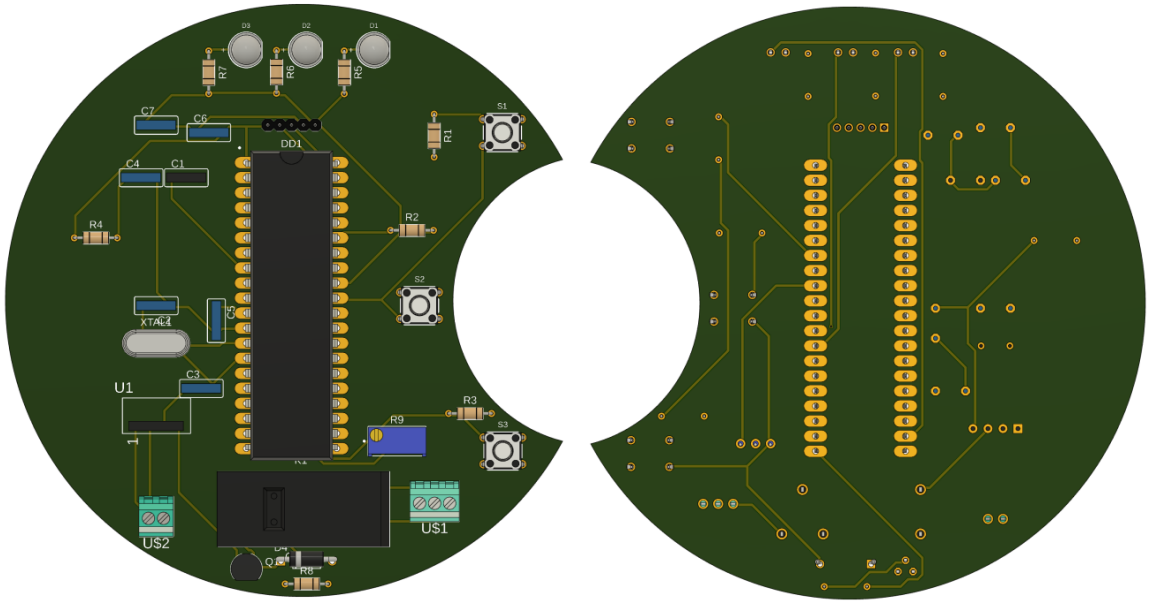


Рисунок 4 – 3D сборка печатной платы

При необходимости функционал Fusion 360 Electronics позволяет передвигать элементы на печатной плате в 3Dмодели и автоматически корректировать дорожки к перемещенным элементам.

После создания и проверки печатной платы модул поддержки автоматизированного производства (Computer-aided manufacturing (CAM) support), позволяет получить все необходимые файлы (GerberFiles, DrillFiles,) для физического изготовления печатной платы.

Список литературы

1 Получение доступа к программным продуктам Autodesk в образовательных целях.URL: https://www.autodesk.ru/education/home(дата обращения: 11.01.2022).

2. Документация по продуктуFusuon 360 на официальном сайте Autodesk.URL: https://help.autodesk.com/view/fusion360/ENU/?guid=GUID-1C665B4D-7BF7-4FDF-98B0-AA7EE12B5AC2(дата обращения: 11.01.2022).

3. Designing Circuit Boards with EAGLE(Make High-Quality PCBs at Low Cost) Binding: Paperback Author: MatthewScarpino Publisher: PrenticeHall

ПОДГОТОВКА КАДРОВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ 13.03.02 ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ

Богданов А.В., канд. техн. наук,
Сазонова Т.В., канд. техн. наук
Кумертауский филиал ОГУ

Паспорт национального проекта «Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» был утвержден в 2018 году. Программа задала темп решения задач по подготовке кадров для цифровой экономики страны. «Кадры для цифровой экономики» является одним из федеральных проектов данной национальной программы.

В Оренбургском государственном университете осуществляется подготовка кадров по многим инженерно-техническим направлениям различных профилей, в ряду которых – электроэнергетика и электротехника. В Кумертауском филиале Оренбургского государственного университета на кафедре электроснабжения промышленных предприятий реализуется обучение бакалавров для электроэнергетической отрасли страны в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом (ФГОС ВО) по направлению подготовки 13.03.02. Электроэнергетика выступает как часть единой экономической системы развития народного хозяйства, определяет функционирование всех сфер деятельности, а соответственно нуждается в постоянном совершенствование не только в техническом плане, но в обеспечении высококвалифицированными специалистами (кадрами).

В настоящее время цифровая экономика охватила практически все сферы деятельности, в которых осуществление операций различного рода (деловые, культурные, экономические, социальные и т.д.) не проходят без коммуникационно-цифровых технологий. В ряд этих сфер деятельности вошло и образование, а, особенно в период пандемии Covid-19,цифровизация образовательного процесса получила актуальную значимость.

Работники с высшим электротехническим образованием должны быть ориентированы на решение конкретных задач промышленных предприятий или любой другой организации. При подготовке выпускников в филиале уделяется особое внимание освоению ими компетенций необходимых в условиях цифровизации экономики. Практика на производстве последних десять лет показывает, что несмотря на огромный опыт работы специалистов в области электроэнергетики, энергетики отстают от быстро меняющихся технологий и зачастую не знают новые нормативные акты и требования. Одна из целей цифровизации образовательного процесса – это подготовка специалистов способных профессионально ориентироваться в эпоху цифровых технологий и уметь широко использовать цифровые программы (тестировать и применять технологии машинного обучения, искусственного интеллекта и т.д.).

Для решения одной из задач при подготовке кадров, которые будут соответствовать потребностям производства в условиях цифровизации экономики, в Кумертауском филиале ОГУ на кафедре электроснабжения промышленных предприятий в соответствии с учебными планами предоставлена возможность освоения элективных дисциплин и факультативных модулей («Методика проведения энергетического обследования», «Энергосбережение в энергетике», «Реконструкция систем электроснабжения», «Эксплуатация и монтаж систем электроснабжения»). Элективные и факультативные модули позволяют обучаемым принимать непосредственное участие в создании профессионального образа будущего специалиста производства, самостоятельно создавать пространственные рамки для познавательной индивидуальной деятельности. Наличие некоторой степени свободы в выборе содержания собственного профессионального развития дает обучаемому сформировать свой потенциал знаний и интересов, который можно будет реализовать в будущем на своем рабочем месте. Роль факультативных и элективных дисциплин в эпоху цифровизации достаточна велика.

Другая задача цифровизации – это непосредственное внедрение и освоение программных продуктов в образовательный процесс, которые имеют широкое применение для осуществления технологических процессов промышленных предприятий и иных организаций производства. Данный вопрос был в центре внимания при проведении в ноябре 2021 года VIIМеждународной студенческой конференции «Образование: профессиональный дебют». Представители работодателей в рамках заседания круглого стола подчеркнули нехватку на своем производстве кадров, обладающих необходимым багажом знаний и опыта в работе программных продуктов, таких как «1С: ТОИР управление ремонтами и обслуживанием оборудования», «NanoCAD», «Компас: Electric» и др. Выпускники при трудоустройстве сталкиваются с трудностями не только в плане акклиматизации к трудовой сфере, но и затрачивают огромное время для изучения особенностей цифровых технологий, что не может не сказаться на эффективности экономики отрасли в целом. В стратегические приоритеты инновационного плана развития Кумертауского филиала ОГУ внесены предложения по направлению «Совершенствование образовательного процесса», а именно обучение обучающихся по направлению подготовки 13.03.02 следующим курсам:

- по программе «Обучение по работе с программным продуктом NanoCAD»;
- по программе «Работа в системе 1С: ТОИР управление ремонтами и обслуживанием оборудования».

В рамках данного направления также сформирована концепция коммуникации и кооперации кафедры электроснабжения промышленных предприятий с производственным отделением «КЭС»ООО "Башкирэнерго" с целью внедрения в образовательный процесс автоматизированной системы «1С: ТОИР».

Таким образом, подводя итоги, необходимо отметить, что именно реализация инновационных подходов к высшему образованию по направлению подготовки «Электроэнергетика и электротехника» с использованием элективных и факультативных модулей позволяет вести подготовку кадров в условиях цифровой экономики. А также базовая и прикладная ИТ-подготовка являются приоритетными мерами в формировании потенциала знаний и интересов, которые можно будет реализовать выпускникам в производственной отрасли.

Список литературы

1. Аверина Л.В. Формирование ключевых компетенций работниковконтрактной службы (специалистов в сфере закупок) в современных социально-экономических условиях / Л.В. Аверина // Научное обозрение: гуманитарные исследования. – 2017. – № 6. – С. 71-76.

2. Артемьев И.Ю. Вызовы цифровой экономики и приоритеты новойконкурентной политики России / И.Ю. Артемьев // Право интеллектуальной собственности. – 2018. – № 3. – С. 14-16.

3. Звонцов А.В. Трансформация подготовки кадров в условияхцифровизации российской экономики / А.В. Звонцов, И.Г. Фомина // Планирование и обеспечение подготовки кадров для промышленно-экономического комплекса региона. – 2019. – Т. 1. – С. 107-109.

4. Профессиональный стандарт «Специалист в области проектирования систем электроснабжения объектов капитального строительства», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 4 июня 2018 года N 352н. URL: https:// profstandart.rosmintrud.ru

ПРОВЕДЕНИЕ ДИСТАНЦИОННЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ

Быковская Л.В., канд. техн. наук, доцент,
Ушакова Н.Ю., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

В связи с пандемией короновируса учебный процесс вынужденно был переведен в дистанционную форму. Опыт, накопленный за два года, позволяет выделить основные проблемы. Если с проведением лекционных занятий после освоения преподавателями и студентами MicrosoftTeamsвопрос был закрыт, то с проведением практических занятий и лабораторных работ возникает ряд проблем. Ранее считалось, что «разумное сочетаниетрадиционных лабораторных работи работ, выполняемых с помощьюдистанционных технологий, является приоритетным направлениемсовершенствования инженерногообразования»[1]. При исключительно дистанционной форме

1) отсутствует доступ к приборам и стендам для проведения лабораторных работ;

2) отсутствует индивидуальное взаимодействие преподавателя и обучающегося для передачи практических навыков, контроля, моментальной фиксации и коррекции ошибок;

3) невозможно приобрести навыки решения практических задач в команде, отсутствует обмен опытом как между преподавателем и обучающимся, так и между обучающимися.

Цель данной работы является разработка методики проведения экспериментальной части лабораторных работ по электротехнике при дистанционной форме обучения.

Проведение лабораторных работ по электротехнике условно можно разбить на три этапа:

- Подготовка к лабораторной работе: постановка задачи, ознакомление с теорией по теме работы,ознакомление с порядком проведения работы и инструкцией по технике безопасности;
- Сборка электрической схемы. Проведение экспериментов с фиксацией результатов измерений, как правило, электрических величин;
- Обработка и анализ полученных результатов: расчеты и построения графических зависимостей и диаграмм, формулировка вывода.

При обучении в дистанционной форме остро встает вопрос о реализации второго этапа. Исходя из существующего опыта, можно использовать специальные компьютерные системы, которые позволяют в удаленном режиме управлять приборами [1, 2] или провести лабораторный практикум в

виртуальной лаборатории типа Electronics Workbench, NIMultisim [3].

В лабораториях электротехники ОГУ учебные стенды с дистанционным управлением на сегодняшний день отсутствуют. Использование виртуальных лабораторий имеет следующие недостатки:

1) Наличие возможности выхода в сеть, обеспечение устойчивой связью, что не всегда доступно в сельской местности;

2) Поиск и установка программного обеспечения, которое должно удовлетворять перечню условий [3]: не зависеть от операционной системы; быть свободно распространяемым; способным выполнять задачи, поставленные в работе; сохранять результаты моделирования; иметь описание работы приложения;

3) Временные затраты на приобретение навыков работы в программе, причем при дистанционной форме обучения студент вынужден осваивать пакет самостоятельно.

При дистанционном освоение курса «Теоретические основы электротехники», который изучается на электроэнергетическом факультете и является базой для всех последующих специальных дисциплин, выбор проведения лабораторных работ в виртуальных лабораториях является лучшей альтернативой реальных экспериментов на физических моделях. В то же время у студентов, изучающих курсы «Электротехника и электроника», «Общая электротехника» и обучающихся на других факультетах, освоение специализированного электротехнического программного обеспечения вызывает трудности. При заочной форме обучение на лабораторный практикум по электротехнике отводиться, как правило, не более шести аудиторных часов. Основной задачей практикума является знакомство с электроизмерительным оборудованием и приобретение практических навыков работы с ним. Установка и освоение виртуальной лаборатории займет значительно большее время, поэтому для дистанционного освоения электротехники был выбран следующий подход.

Во-первых, снимается видеоролик для каждого эксперимента. Процесс сборки схемы на учебном стенде в лаборатории сопровождается комментариями и пояснениями, лабораторная установка снимается с различных ракурсов и студент имеет возможность удаленно проследить все этапы работы. Особое внимание уделяется технике безопасности при проведении электромонтажных работ и работе с электроизмерительными приборами.

Во-вторых, весь эксперимент поэтапно фиксируется на фото и на их основании создается презентация с комментариями и пояснениями, рисунки 1 и 2. Фото можно дублировать в презентации увеличивая отдельные фрагменты для дополнительного привлечения внимания обучающихся.

Рисунок 1 – Слайд из лабораторной работы по разделу «Электрические цепи постоянного тока

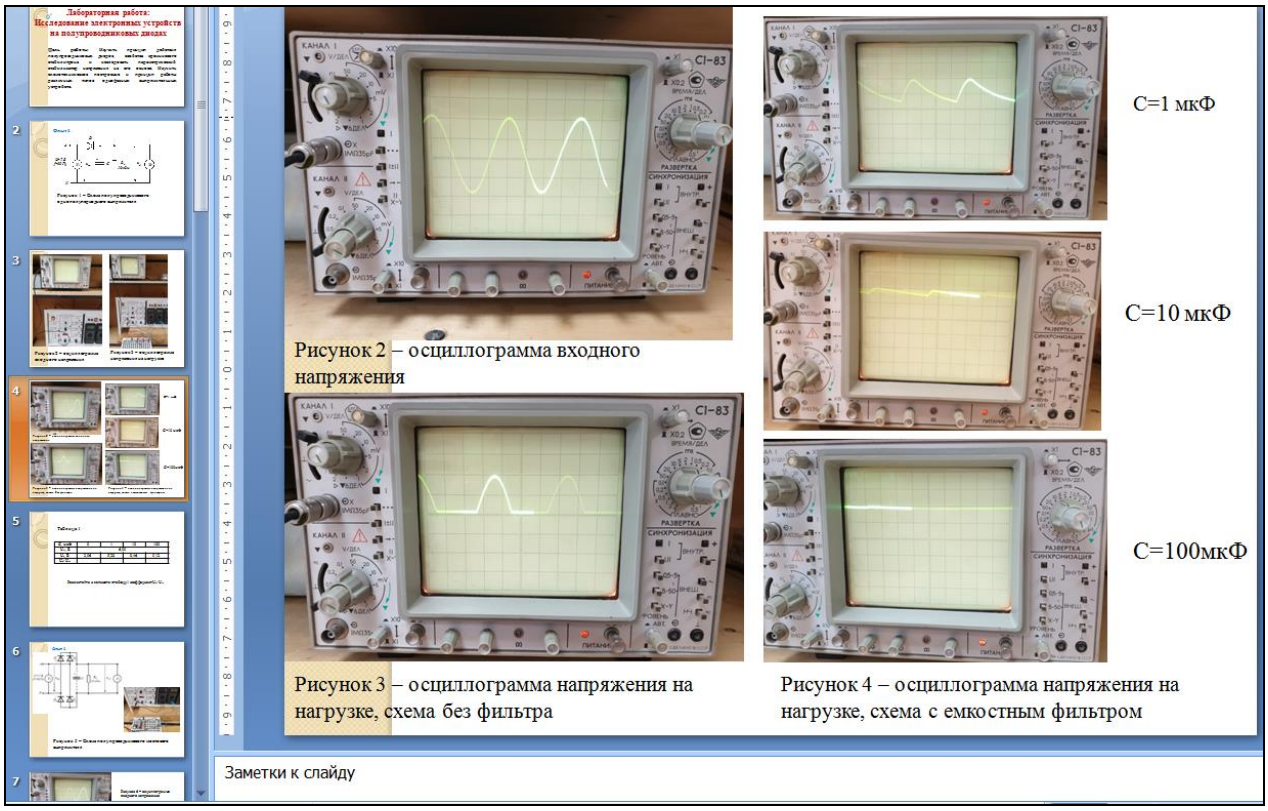


Рисунок 2 – Слайд из лабораторной работы по разделу «Электронные устройства»

Затем, видеоролик и презентация размещается в соответствующий раздел курса в системе управления обучением Moodle. Студенты, записанные на курс, могут в любое время изучить представленный материал и на его основе заполнить бланки протоколов проведения экспериментов, которые также представлены в Moodle. Вопрос «списывания» при одинаковом наборе экспериментальных данных решается самой дистанционной формой, так как контакт между студентами затруднен, а в группах первого курса обучающиеся незнакомы. Если изначально стремиться к индивидуализации лабораторных работ, то можно приложить к презентации с экспериментом таблицу с численными результатами измерений в соответствии с номером в списке группы.

Освоение курса электротехники без лабораторных работ невозможно. При проведении экспериментов обучающиеся подтверждают неразрывную связь теории с практикой, выявляя связь между полученными экспериментальными данными и основными законами электротехники, овладевают навыками работы с электроизмерительными приборами, учатся монтажу электрических схем и простейших электронных устройств. Предложенная модель проведения экспериментальной части лабораторной работы может быть использована в дистанционном освоении электротехники. Благодаря видеоконтенту, достигается максимальная вовлеченность студента в процесс измерений.

Список литературы

1. Салахова А. Ш., Козлов В. А.Организация и методика проведения дистанционных лабораторных работ по общепрофессиональным техническим дисциплинам // Открытое образование. 2014. №5. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsiya-i-metodika-provedeniya-distantsionnyh-laboratornyh-rabot-po-obscheprofessionalnym-tehnicheskim-distsiplinam (дата обращения: 25.11.2021).

2. Портнов Ю. А., Мальшакова И. Л. Организация лабораторных работ в условиях дистанционного обучения // Проблемы современного образования. – 2021. – № 3; URL: http://pmedu.ru/images/2021-3/218226.pdf (дата обращения: 14.11.2021). DOI: 10.31862/2218-8711-2021-3-218-226

3. Ушакова Н.Ю., Быковская Л.В. Облачные Web-приложения для организации лабораторных работ по электротехническим дисциплинам // Современные проблемы науки и образования. – 2021. – № 3; URL: http://www.science-education.ru/article/view?id=30927 (дата обращения: 14.11.2021).

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

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

Основная доля электротехнического оборудования промышленных предприятий приходится на асинхронные двигатели различного назначения, которые задействованы в работе основного и вспомогательного оборудования. Обоснованность применения данного типа электрических машин обусловлена их надежностью, простотой обслуживания, низкой стоимостью. Помимо этого, современная промышленная электроника позволяет регулировать скорость вращения асинхронных двигателей в широком диапазоне, что делает такие машины универсальными. Согласно статистике до 68% крановых электродвигателей и до 80% двигателей сельскохозяйственного назначения выходят из строя из-за межвиткового короткого замыкания в результате повреждения изоляции обмотки статора, вызванного ее термическим старением [1].Термическое старение обусловлено большим сроком службы или перегрузкой двигателя. В этом случае требуется либо полная перемотка обмоток статора, либо замена двигателя на новый. Отдельно стоит отметить, что, в результате износа изоляции электрических машин, увеличиваются затраты на проведение плановых и внеплановых ремонтов, а также в среднем на 3–5% увеличивается их электропотребление [2].

В некоторых работах было установлено, что на срок службы изоляции большое влияние оказывает температура проводника, так, например, Власов А. Б. [3] установил, что при повышении температуры проводника происходит разрушение структуры изоляции и увеличивается ее твердость из чего делается вывод об ухудшении ее эксплуатационных свойств. При этом около 50% [4] отказов асинхронных двигателей приводит к перегреву их обмоток и срок их службы сокращается в 2,5–3 раза. Поэтому для оценки состояния изоляции необходимо учитывать температурные режимы проводников и кабельных линий, так как именно нагрев в результате перегрузки оборудования заметно снижает ресурс изоляции [5].

На крупных предприятиях, на которых освоен полный цикл производства, существуют электроцеха, в которых осуществляется ремонт электрооборудования — это позволяет производить ремонт электродвигателя в короткие сроки без привлечения сторонних ресурсов. Но на малых производствах ремонт электрооборудования может затягиваться на неопределенный срок, из-за чего предприятие несет экономические убытки, связанные с простоем оборудования и затратами на покупку новых двигателей. При этом использование складского резерва электродвигателей сопряжено с дополнительными затратами, существенно возрастающими в том случае, если

на предприятии присутствует широкая номенклатура различных типов двигателей.

Многие современные промышленные предприятия стремятся сократить затраты путем автоматизации производства и построения общей цифровой сети, позволяющей управлять технологической линией. Поэтому одним из возможных способов минимизации экономических потерь, связанных с выходом двигателей из строя, является внедрение систем диагностики изоляции электрооборудования, позволяющих на раннем этапе обнаруживать повреждения и принимать решения по их устранению без остановки производства или с минимальными перерывами. При этом такая система может быть интегрирована в общую цифровую автоматизированную сеть предприятия.

В отечественной и зарубежной литературе описано достаточно много методов диагностики состояния изоляции электрооборудования. В общем случае их можно разделить на две основные группы: методы разрушающего и неразрушающего контроля.

К первым методам можно отнести способы, при которых происходит частичное или полное разрушение изоляции. В таком случае для контроля состояния необходимо брать либо образцы материала, либо прожигать изоляцию повышенным напряжением, чтобы определить ее фактическое состояние.

К данным методам можно отнести:

а) Взятие микропробы с целью сравнения массы компонентов при помощи термогравиметрии[6]

Данный способ диагностики предполагает взятие пробы изоляции электрооборудования и последующий ее нагрев в лабораторных условиях до определенной температуры, при которой начинаются химические реакции в материале. Затем происходит регистрация изменения массы вещества, что позволяет диагностировать состояние изоляции в целом. Такой способ диагностики позволяет оценить состояние изоляции при ее нагреве в процессе нормальной эксплуатации оборудования.

б) Исследование твердости изоляции[3]

Исследование твердости изоляции также предполагает взятие пробы изоляции и оценки ее твердости методом Шора по шкале HSA. Так как в процессе эксплуатации в изоляционном материале происходят не только химические, но и механические изменения структуры, то такой способ позволяет отследить данные изменения и дать оценку состояния изоляции. Экспериментально было доказано, что при твердости резины более 90 HSAна поверхности изоляции начинаются появляться трещины, что говорит об разрушении ее структуры и непригодности дальнейшей эксплуатации. В диапазоне твердости от 20 до 70 HSA изоляция сохраняет свои первоначальные свойства

Методы разрушающего контроля являются наиболее точными, и именно они могут дать достаточно данных о текущем состоянии электрооборудования,

но ввиду того, что они требуют полного или частичного разбора оборудования, они не могут использоваться для контроля состояния изоляции в режиме реального времени.

Методы неразрушающего контроля позволяют производить диагностику состояния изоляции без разборки и останова оборудования, также применение данных методов позволяет построить систему диагностики в режиме реального времени, что актуально для автоматизированных систем промышленных предприятий.

а) Испытание повышенным напряжением[7]

Испытание повышенным напряжением является классическим методом оценки состояния изоляции для всех типов оборудования. При нарушении состояния изоляции, в ней возникают воздушные полости и происходит увлажнение, что приводит к пробою в результате действия повышенного напряжения. Испытание повышенным напряжением предполагает вывод оборудования из работы и подключение электродвигателя к стенду, который обеспечивает уровень напряжения выше номинального. Испытание повышенным напряжением проводится в основным для оборудования с напряжением выше 1000 В. Испытание предполагает плавное повышение напряжения до 1000 В (для машин 0,4 кВ), контроль наличия разрядов в изоляции производится при помощи миллиамперметра. В случае возникновения таких разрядов можно сделать вывод об ухудшении свойств изоляции.

а) Измерение частичных разрядов [8]

При наличии дефектов в изоляции возникает неоднородное электрическое поле, в результате чего образуются частичные разряды (ЧР), которые могут приводить к химическому распаду изоляции. При продолжительном процессе ЧР изоляция может полностью или частично разрушиться, что приведет в итоге к межвитковому короткому замыканию. Применение данного метода усложняется необходимостью использования специального оборудования.

б) Тепловизионная, ультразвуковая, оптическая дефектоскопия[9]

Тепловизионная диагностика предполагает использование тепловизоров для оценки температурных режимов работы оборудования, данный метод позволяет отслеживать перегрев и выявлять поврежденные участки как механической, так и электрической части двигателя. Ультразвуковая и оптическая дефектоскопия не нашли широкого распространения в системах диагностики, так как для их проведения требуется дорогостоящее оборудование.

в) Исследование емкостных токов утечки

В работе [10] установлена зависимость между емкостными токами утечки и деградационными явлениями в изоляции. Данный метод требует высокоразрешающего оборудования для адекватной оценки состоянии изоляции.

Представленные методы неразрушающего контроля хоть и не требуют разбора оборудования и проведения лабораторных исследований, но их применение для систем непрерывной диагностики затруднено, ввиду необходимости использования сложного, а зачастую и дорогостоящего оборудования.

Помимо представленных способов диагностики существуют следующие методы определения качества изоляции: измерение тангенса угла диэлектрических потерь, оценка по коэффициенту поляризации и много других способов так или иначе предоставляющих достаточно точные результаты по состоянию изоляции.

Анализ основных методов диагностики изоляции показывает, что существует достаточно много способов оценки её состояния, но часть этих метод может применяться для оборудования выше 1000 В, другая часть требует наличия дорогостоящего оборудования и диагностика может производиться на частично разобранном оборудовании. Эта особенность не позволяет разработать систему диагностики, интегрированную в общую автоматизированную сеть предприятия.

С другой стороны, согласно пункту 2.12.17 и приложению 3.1 таблица 37 правил технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭЭП) требуется проводить измерение сопротивление изоляции проводов и кабелей электрораспределительных сетей в особо опасных помещениях не реже одного раза в год и не реже одного раза в 3 года в помещениях без повышенной опасности и помещениях повышенной опасности. В электроустановках медицинских учреждений в помещениях повышенной опасности и особо опасных – не раже одного раза в 6 месяцев (ПТЭЭП прил. 3, табл.28, п. 28.1). Из этого можно сделать вывод, что оптимальным и доступным методом контроля состояния изоляции электрооборудования является метод измерения ее сопротивления. Также необходимо уточнить взаимосвязь между изменением сопротивлением изоляции, ее нагревом, и параметрами, полученными при более точном разрушающем контроле: твердость изоляции, массы компонентов изоляции. Это позволит построить систему диагностики, основанную на контроле параметров неразрушающего контроля с достаточной точностью и применить полученные результаты для диагностики оборудования в режиме реального времени.

Список литературы:

1 Зюзев А.М. Учет колебаний температуры обмотки статора асинхронного двигателя при проверке по нагреванию в повторно-кратковременном режиме/ А.М. Зюзев, В.П. Метельков: Известия Томского политехнического университета. №4. – Екатеринбург, 2015. – 146–153 с.

2 Ефимов Н.В. Системы обслуживания по фактическому состоянию электромеханического оборудования / Н.В. Ефимов, Ю.Л. Жуковский: Научные исследования и разработки молодых ученых: №9. – Новосибирск, 2016. – 127–131 с.

3 Власов А.Б. Оценка состояния судового кабеля посредством измерения харакеристик его изоляции/ А.Б. Власов, С.А. Буев : Вестник МГТУ: том 23., №4. – Мурманск, 2020. – 335–344 с. – DOI 10.21443/1560-9278-2020-23-4-335-344

4 Метельков В.П. Оценка ресурса изоляции обмотки статора асинхронного двигателя при работе в циклических режима/ В.П. Метельков : Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика»: №2. – Екатеринбург, 2013. – 96-100 с.

5 Лицкевич. А.П. Вероятностная оценка долгосрочного ресурса морской портовой кабельной линии при воздействии случайных изменений температуры/ А.П. Лицкевич, А.А. Халезин: Транспортное дело России, №2. – М, 2015. – 145-149 с.

6 Баев М.А. Техническая диагностика кабельных изделий низкого напряжения с пластмассовой изоляцией. : автореф. дис. ...докт. тех. наук / М. А. Баев. – Москва, 1997. – 35 с.

7 Сви П.М. Методы и средства диагностики оборудования высокого напряжения: учебное пособие/ П.М. Сви. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 50 с.

8 Пугачев А.А. Совершенствование систем оценки технического состояния кабелей электротехнических комплексов и систем. : автореф. дис. ...канд. тех. наук / А.А. Пугачев. – Самара, 2007. – 20 с.

9 Поляков Д.А. Мониторинг остаточного ресурса изоляции кабельных линий 6(10) кВ из сшитого полиэтилена. : автореф. дис. ...канд. тех. наук / Д.А. Поляков. – Омск, 2018. – 23 с.

10 Метельков В.П. Система оценки остаточного ресурса изоляции обмотки асинхронного двигателя на основе емкостных токов утечки/ В.П. Метельков, А.М. Зюзев, И.В. Черных : Вестник ЮУрГУ. ЭСиК №1(42). – Екатеринбург, 2019. – 53-58 с. – DOI 10.18503/2311-8318-2019-1(42)-53-58

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СРЕДСТВ ДОЗИРОВАНИЯ ЖИДКОСТЕЙ

Гасанов М.Р., Безгин А.С., канд.техн. наук
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

В настоящее время существует большое количество методов дозирования и конструкций дозаторов для жидкостей больших объемов. С развитием техники появились дозаторы для дозировки весьма малых объемов жидкости, исчисляемых десятками и единицами миллилитров в минуту или в час. При исследовании видов насосов дозаторов были выявлены несколько видов насосов-дозаторов: поршневые насосы, мембранные насосы, перистальтические насосы и т.д.

Насос - это устройство, которое используется для перекачки различных жидкостей из одного места в другое. Насосы бывают нескольких типов для разных областей применения. Поршневой насос - это самый распространенный тип насосов из категории поршневых насосов прямого вытеснения.[1]

Поршневой насос работает по принципу положительного смещения. Поршневой насос состоит из поршня, который движется вперед и назад в цилиндре. Поршень соединен с коленчатым валом с помощью шатунов. Этот поршень движется по мере перемещения шатунов за счет движения коленчатого вала. Коленчатый вал соединяется с двигателем, который вращает его.

Цилиндр насоса соединен с всасывающей трубой и нагнетательной трубой с всасывающим клапаном и подающим клапаном. Впускные и выпускные клапаны действуют как обратные клапаны, которые позволяют потоку жидкости течь в одном направлении. Жидкость всасывается в цилиндр через впускной клапан. Жидкость выходит из цилиндра насоса через выпускной клапан. Работа поршневого насоса представлена на рисунке 1.[2]

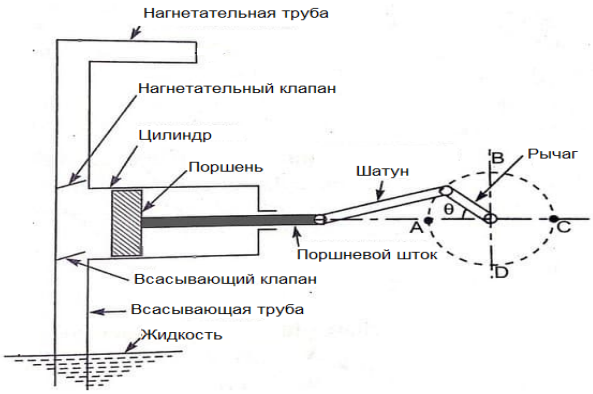


Рисунок 1 – Работа поршневого насоса

Достоинствами данного насоса является возможность перекачивания больших объемов жидкости, перекачки вязких продуктов и минимум

потребления энергии и высокий КПД. Недостатками является неравномерная подача воды, большие размеры, быстрое изнашивание клапанов, высокая стоимость. [3]

Есть еще много типов насосов, и центробежный один из них. Центробежный насос представляет собой механический станок, который качает жидкость путем преобразования механической энергии вращения в энергию давления потока текучей среды. Эта механическая энергия обычно вырабатывается электродвигателем. Центробежный насос использует центробежную силу для перекачивания жидкостей. Поэтому он известен как центробежный насос.

Это простейший тип гидравлического оборудования, которое используется в самых разных отраслях промышленности и во многих бытовых приборах для перемещения жидкостей из зон низкого давления в зоны высокого давления. Он использует крыльчатку для перекачивания жидкости или воды из одного места в другое. Устройство центробежного насоса представлено на рисунке 2. [4]

Рисунок 2 – Устройство центробежного насоса

Эти типы динамических насосов в основном используются в пищевой и химической промышленности для эффективного перекачивания вязких жидкостей. Эти насосы дешевле, чем поршневые.Центробежные насосы широко распространены во всем мире. Основная причина их популярности в том, что у этих насосов нет потерь мощности из-за трения. Этот динамический насос имеет простую конструкцию и очень прост в управлении. У них нет проблем с утечкой и теплопередачей.[5]

Принцип работы центробежного насоса соответствует основному принципу принципа углового момента, который гласит, что изменение углового

момента вращающегося элемента эквивалентно приложенной силе . Он представляет, когда определенное количество жидкости вращается из-за внешней силы (силы, создаваемой электродвигателем или турбиной), на жидкость появляется центробежная сила, которая дополнительно преобразует скорость жидкости в давление. Некоторая часть этой энергии преобразуется в кинетическую энергию жидкости. [6]

Центробежный насос работает почти так же, как центробежный компрессор, но отличается только рабочим веществом. Работа центробежного насоса представлена на рисунке 3.

Рисунок 3 – Работа центробежного насоса

Центробежный насос работает следующим образом: прежде всего, механическая энергия на рабочее колесо насоса подается от электродвигателя или двигателя.Рабочее колесо напрямую соединяется с электродвигателем через вал и совершает возвратно-поступательное движение вместе с валом двигателя.Когда крыльчатка начинает вращаться, внутри проушины крыльчатки возникает разрежение.Из-за этого вакуума вода начинает поступать внутрь глаза в осевом направлении.Когда вода попадает в глаз, вода ударяется о лопасти крыльчатки.Рабочее колесо вращает воду в радиальном и осевом направлении наружу с помощью центробежной силы.Эта крыльчатка продолжает движение воды до тех пор, пока она не пройдет через все его компоненты.Лопасти крыльчатки преобразуют кинетическую энергию воды в ее скорость и увеличивают скорость воды.Пройдя через крыльчатку, вода попадает в зону диффузора.Этот диффузор замедляет движение воды за счет уменьшения ее скорости.Он преобразует скорость воды в энергию давления.После повышения желаемого давления вода выходит через выпускной патрубок насоса и переводит ее в желаемое положение.Таким образом, центробежный насос увеличивает давление и перекачивает различные жидкости. [7]

Мембранный насос использует две адаптируемые диафрагмы, которые имеют движения вперед и назад, которые создают временную полость, и эта секция закачивает и выталкивает жидкость через насос. Две диафрагмы функционируют как перегородочный барьер между жидкостью и воздухом.

В начальном такте две диафрагмы соединяются через вал через центральную камеру, здесь же расположен воздушный клапан. Основная функциональность этого воздушного клапана заключается в том, чтобы пропускать сжатый воздух к первой диафрагме, что позволяет находиться близко к центральной камере. Первая диафрагма развивает пресс-ход, который вытягивает жидкость из насоса. Тогда как следующая диафрагма за это время выполняет всасывающий ход. Воздух, который находится в задней части второй диафрагмы, создает давление окружающей среды, чтобы подтолкнуть жидкость к всасыванию. [8]

А приходя ко второй диафрагме, когда принудительная первая диафрагма подходит к концу хода, движение воздуха будет смещаться на заднюю сторону второй диафрагмы через воздушный клапан. Принудительный воздух приводит вторую диафрагму в сторону от центральной секции, что означает, что первая диафрагма находится близко к центральной секции. Во второй полости насоса нагнетательный шаровой кран отодвигается от его посадочного места, тогда как в первой полости насоса происходит обратная функция. По завершении хода воздушный клапан снова направляет воздух на заднюю сторону первой диафрагмы, и цикл будет возобновлен. Работа насоса представлена на рисунке 4.[9]

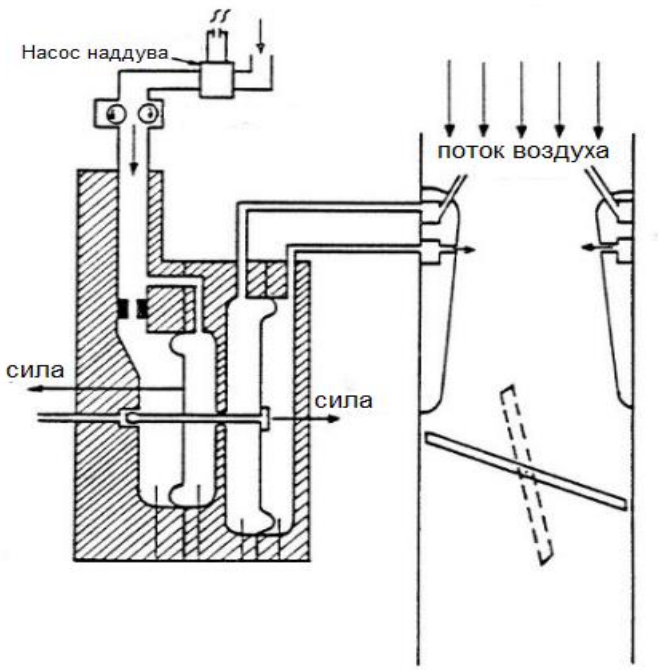


Рисунок 4 – Работа мембранного насоса

Достоинства мембранного насоса является защита от попадания веществ из внешней среды, рабочая камера исключает образование застойных зон.

Недостатками является невысокая точность дозирования, низкая производительность, низкая механическая прочность мембран.[10]

Перистальтический насос – это тип объемного насоса, который изолирует жидкость от насосного механизма, и внешней среды. Жидкость проходит через гибкую трубку внутри насоса, и она выталкивается роликом, перемещая жидкость вперед. Башмаки ролика зажимают трубку и перемещают жидкость в направлении вращения ролика. Перистальтические насосы также называют роликовыми насосами. В схеме перистальтического насоса, показанного на рисунке 5, ролик имеет три башмака, и перемещает жидкость по часовой стрелке.[11]

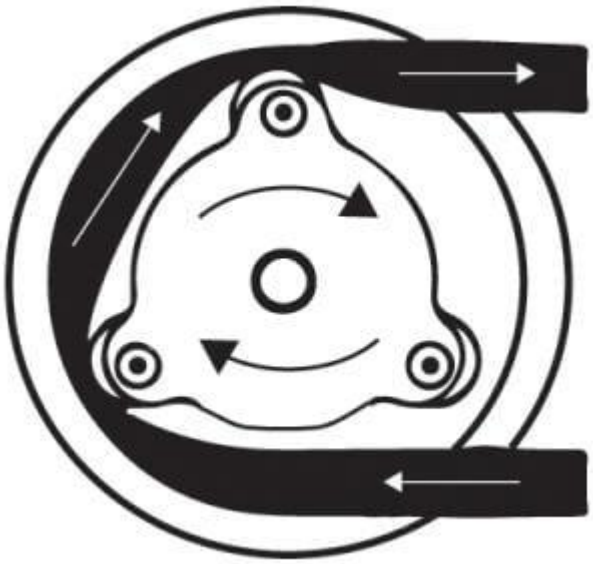


Рисунок 5 – Упрощенная схема перистальтического насоса

Перистальтические насосы не могут обеспечить плавный непрерывный поток жидкости. Жидкость дозируется импульсами. Количество жидкости, которое дозируется одним импульсом, равно объему между двумя зажатыми частями трубки, т.е. объему трубки между двумя башмаками валика.[12]

Перистальтические насосы используются для высокоточного дозирования жидкости, где дозируемая жидкость дозируется с погрешностью в микролитры. Точность насоса зависит от количества башмаков (расстояния между ними) на ролике. Чем больше количество башмаков (меньше расстояние между ними), тем выше точность.

В соответствии с требуемой характеристикой движения, для привода ролика может использоваться сервопривод или шаговый двигатель. Ролики также могут быть заменены на различные конструкции в соответствии с желаемыми характеристиками потока.Область применения перистальтических насосов обширна. Поскольку существенным преимуществом является простое управление направлением потока жидкости. Направление потока можно легко

изменить, просто изменив направление вращения двигателя. Так же легко достичь высокой точности для насоса, попросту увеличивая количество башмаков на ролике. [13]

Основным недостатком перистальтических насосов является то, что они могут использоваться только для подачи жидкости на маленьких скоростях. Таким образом, жидкости с высокой вязкостью и даже полутвердые вещества, такие как суспензия могу быть дозированы с помощью перистальтических насосов.

Благодаря этим характеристикам перистальтические насосы находят свое применения в крупных отраслях промышленности, требующих высокой точности и чистоты дозируемой жидкости. Эти насосы имеют широкий спектр применения в медицинской области, как часть многих медицинских устройств. В лабораториях для химических испытания. В архитектуре для обработки воды. В производстве продуктов питания, фармацевтическом производстве.[14]

В ходе анализа НТЛ для создания системы дозирования жидкости были выбраны перистальтические насосы.

В ходе анализа научно-технической литература существующих средств дозирования жидкости был выбран перистальтический насос , в связи с его достоинствами перед другими насосами.

Список литературы

1. Поляков, В. В. Насосы и вентиляторы: учебник для вузов / В.В. Поляков, Л.С. Скворцов. - Москва: Стройиздат, 2013. - 336 с.

2. Бармин, С.И Масляные насосы МШ-8 и МШ-1: учебное пособие/ С.И Бармин. - Москва: ЁЁ Медиа, 2013. - 568 с.

3. Черкасский, В.М. Насосы, вентиляторы, компрессоры / В.М. Черкасский. - М.: Энергия, 2005. - 416 с.

4. Кускова, М.А. Самоперекачивающие трубопроводы / М.А. Кускова, М.В. Лурье. – Санкт-Петербург: Нефтяное хозяйство, 2008. – 98 с.

5. Васильев, В. Д. Монтаж компрессоров, насосов и вентиляторов / В.Д. Васильев, Е.А. Ивашнев, В.В. Малюшенко. - М.: Высшая школа, 2006. - 216 с.

6. Михеев, А.Ю. Исследование характеристики и повышение надежности насосов перистальтического принципа действия / А.Ю. Михеев, И.Н. Краснов. – Уфа: Машины, агрегаты и процессы, 2004. – 213 с.

7. Абдурашитов С.А. Насосы и компрессоры / С.А. Абдурашитов. -М.: Недра, 1974.

8. Спасский, К.Н. Новые насосы для малых подач и высоких напоров / К.Н. Спасский, В.В. Шаумян. – Москва: Машиностроение, 1972. – 160 с.

9. Малюшенко, В.В. Насосы: справ. пособие / В.В. Малюшенко, М.К. Бобка. – Москва: Машиностроение, 1979. – 504 с.

10. Башта Т.М. и др. «Гидравлика, гидромашины, гидроприводы» М., Машиностроение, 1982 г.

11. Дозировочная техника [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

https://www.areopag-spb.ru/dozirovochnaya-tehnika. – Дата доступа: 20.12.2021.

12. Михеев, А.Ю. Исследование характеристики и повышение надежности насосов перистальтического принципа действия / А.Ю. Михеев, И.Н. Краснов. – Уфа : Машины, агрегаты и процессы, 2004. – 213 с.

13. Ведерников М.И. Компрессорные и насосные установки химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности: Учебное пособие для сред. ПТУ / М.И. Верников. -М.: Высш.шк., 1987.

14. Черкасский, В.М. Насосы, вентиляторы, компрессоры / В.М. Черкасский. - М.: Энергия, 2005. - 416 с.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА РАСЧЁТА МАСЛЯНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

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

В настоящее время на производстве электрооборудования большое внимание уделяется экономии времени на каждом из этапов производства. Поэтому любой процесс производства должен быть экономичным и время его выполнения должно быть минимальным. Для выпуска масляного трансформатора время его проектирования является одним из важнейших параметров. Поэтому в наше время уделяется особое внимание на создание специализированных программ для расчёта параметров трансформатора.

Особенностью таких программ является: быстрота расчёта; наглядность; удобство в использовании; возможность вывода результата в удобном для пользователя формате и т.д.

На основе [1] и [2] была создана программа, при помощи которой можно спроектировать трёхфазный масляный трансформатор.

Рассматриваемая программа предназначена для проектирования масляных трансформаторов. Она состоит из 11 глав: 1 гл. Определение основных электрических машин; 2гл. Определение исходных данных расчёта; 3-4 гл. Определение основных размеров; 5 гл. Расчёт обмотки НН; 6 гл. Расчёт обмотки ВН; 7 гл. Расчёт параметров короткого замыкания; 8 гл. Расчёт магнитной системы трансформатора; 9 гл. Расчёт потерь холостого хода; 10 гл. Тепловой расчёт трансформатора; 11 гл. Расчёт характеристик трансформатора.

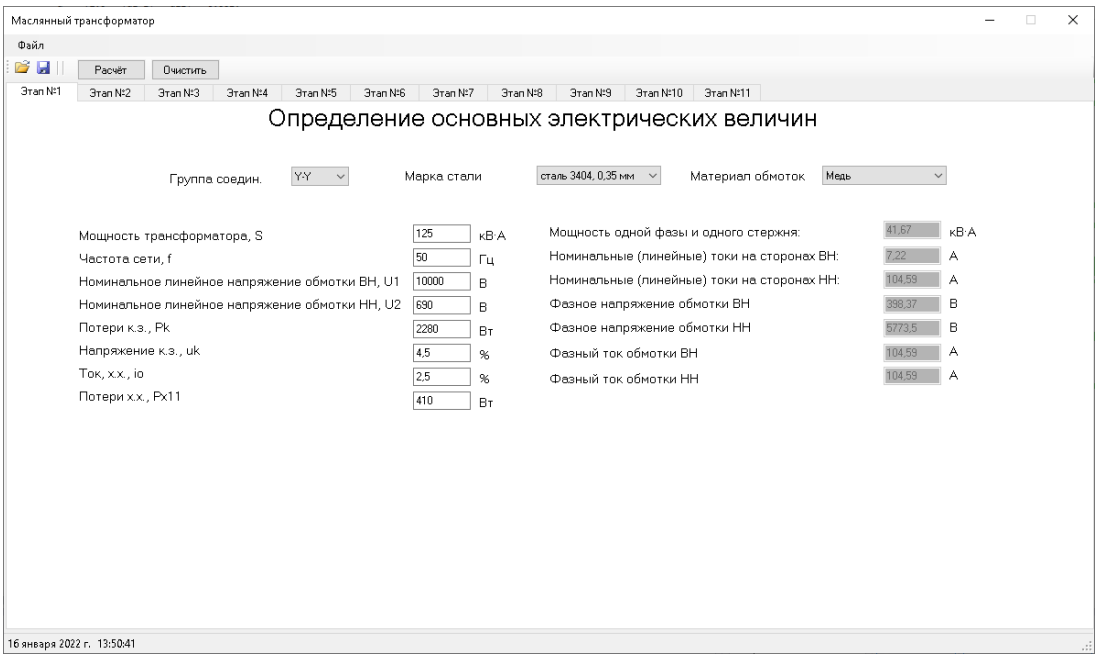


Рисунок 1 – Первый этап расчёта

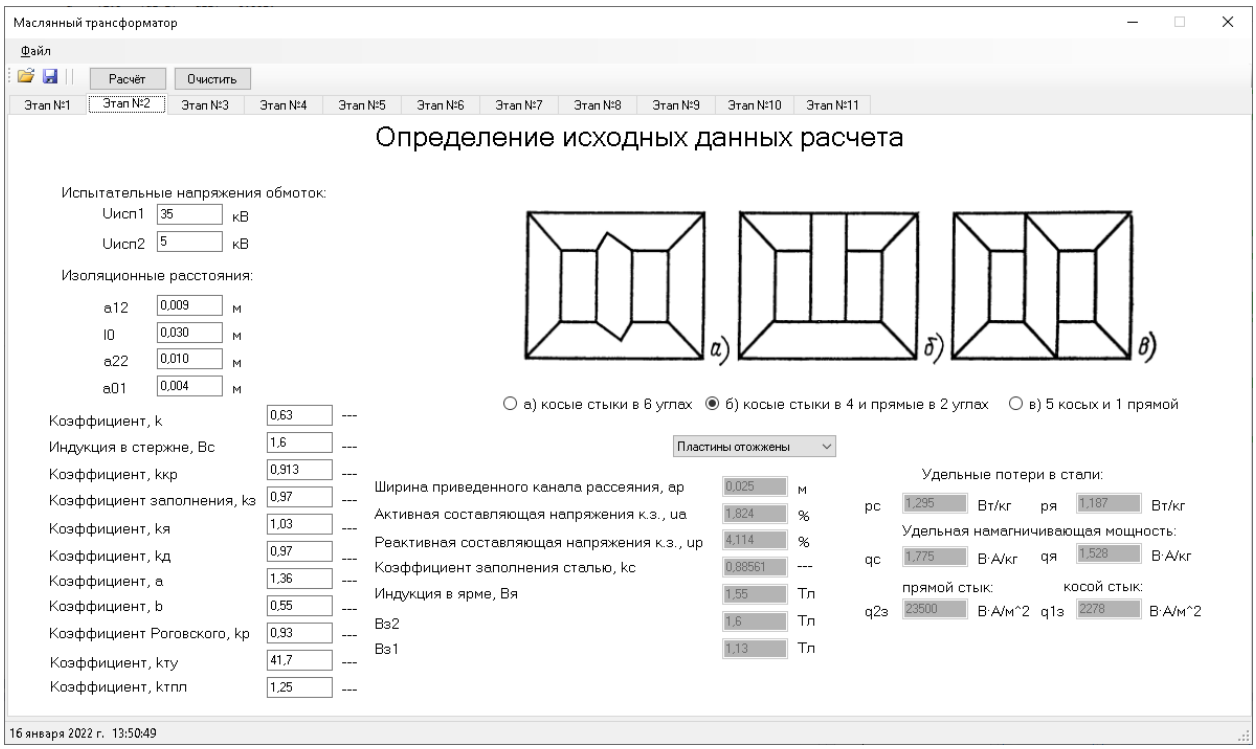


Рисунок 2 – Второй этап расчёта

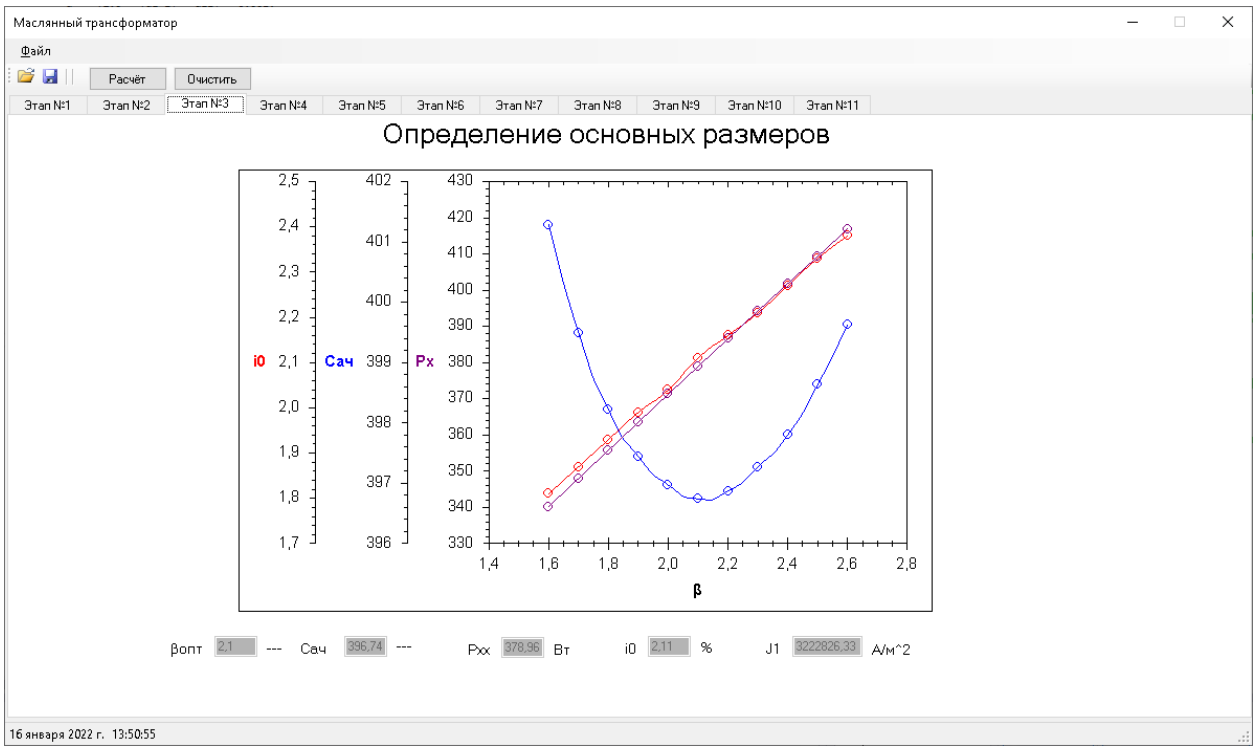


Рисунок 3 – Третий этап расчёта

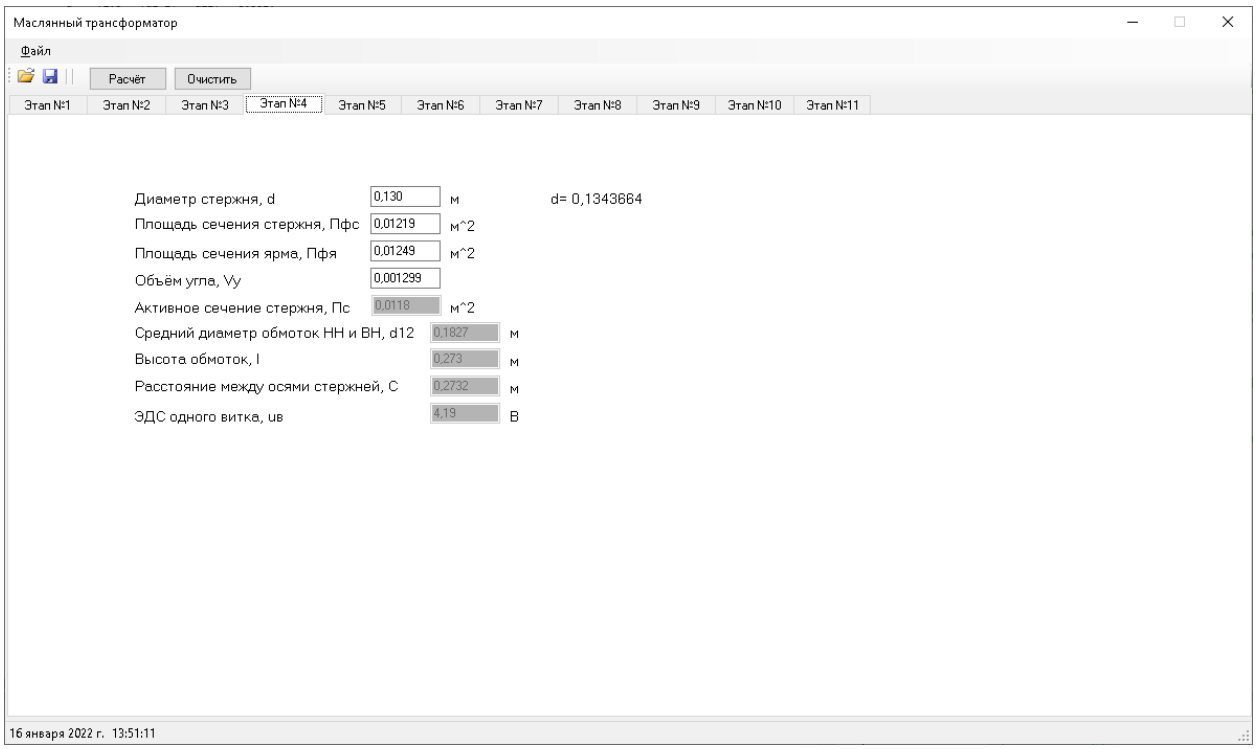


Рисунок 4 – Четвёртый этап расчёта

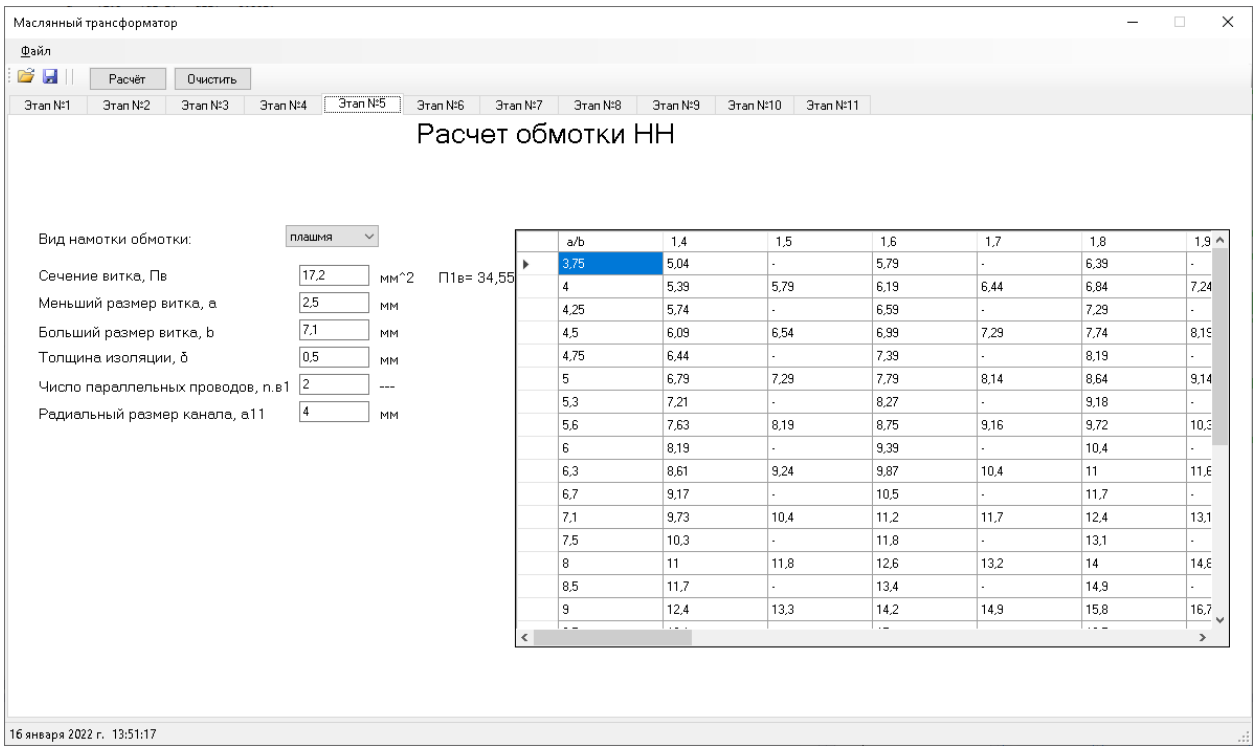


Рисунок 5 – Пятый этап расчёта

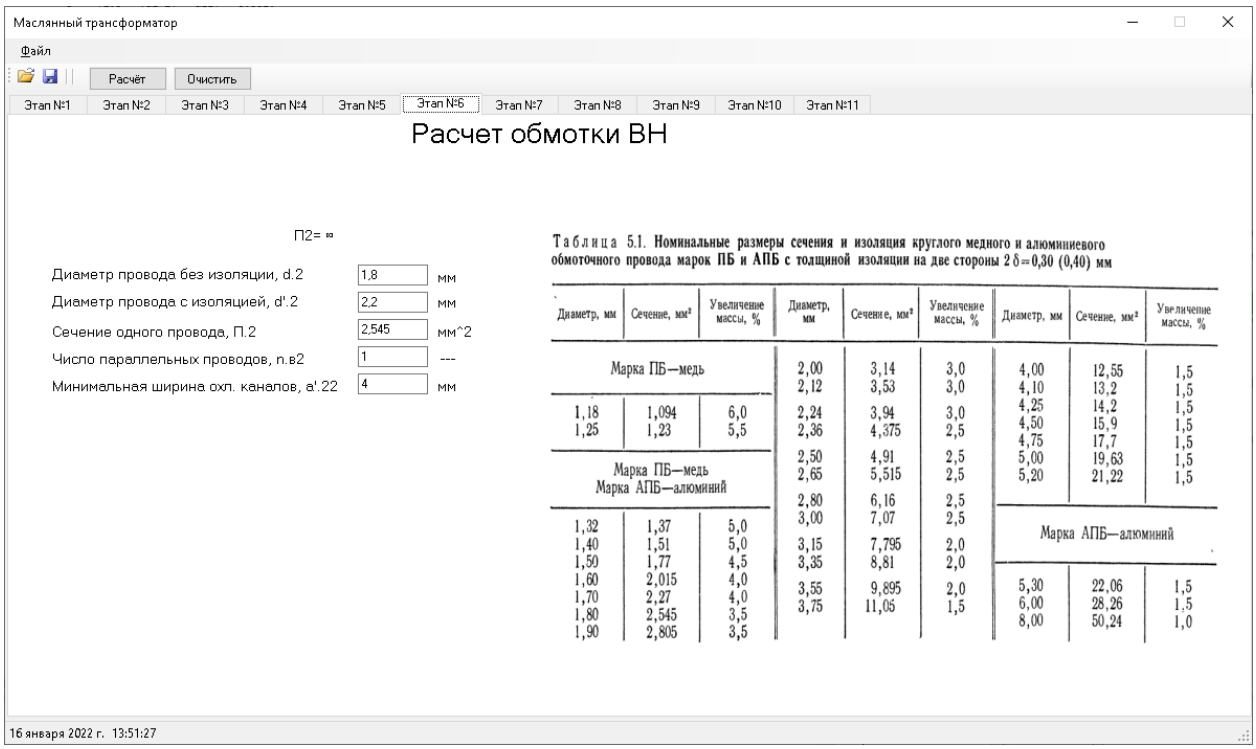


Рисунок 6 – Шестой этап расчёта

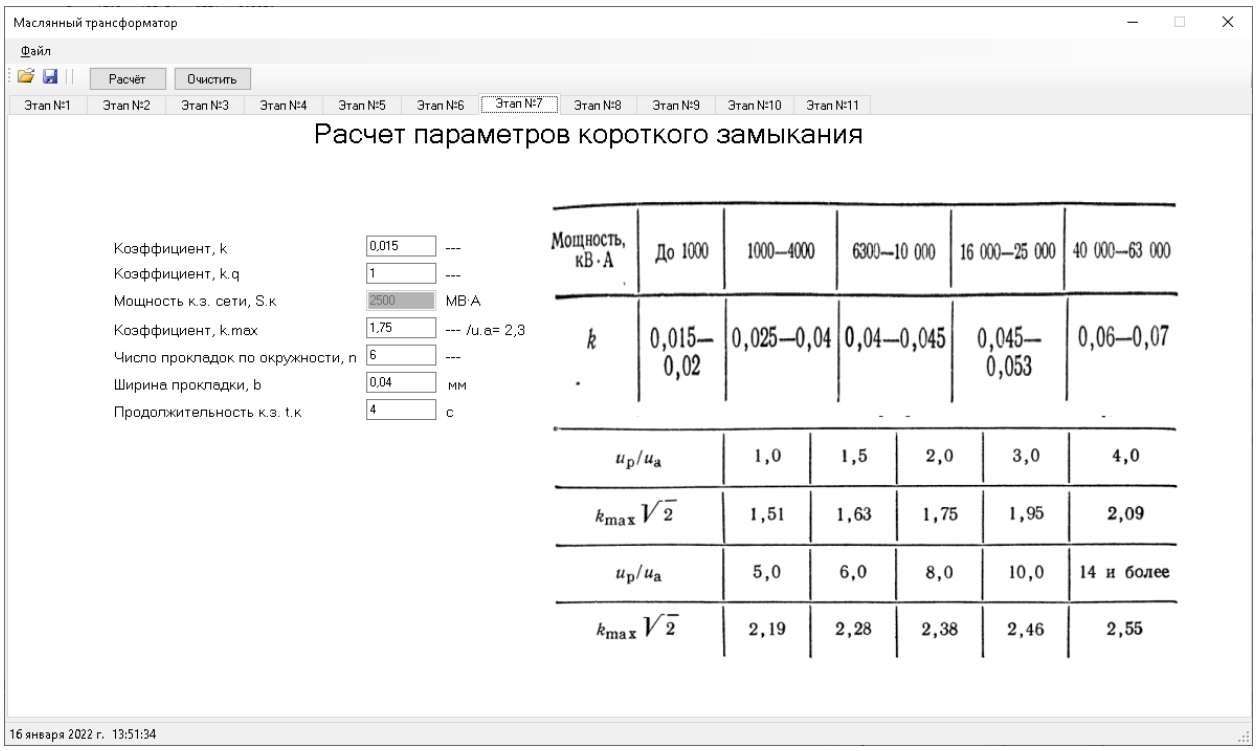
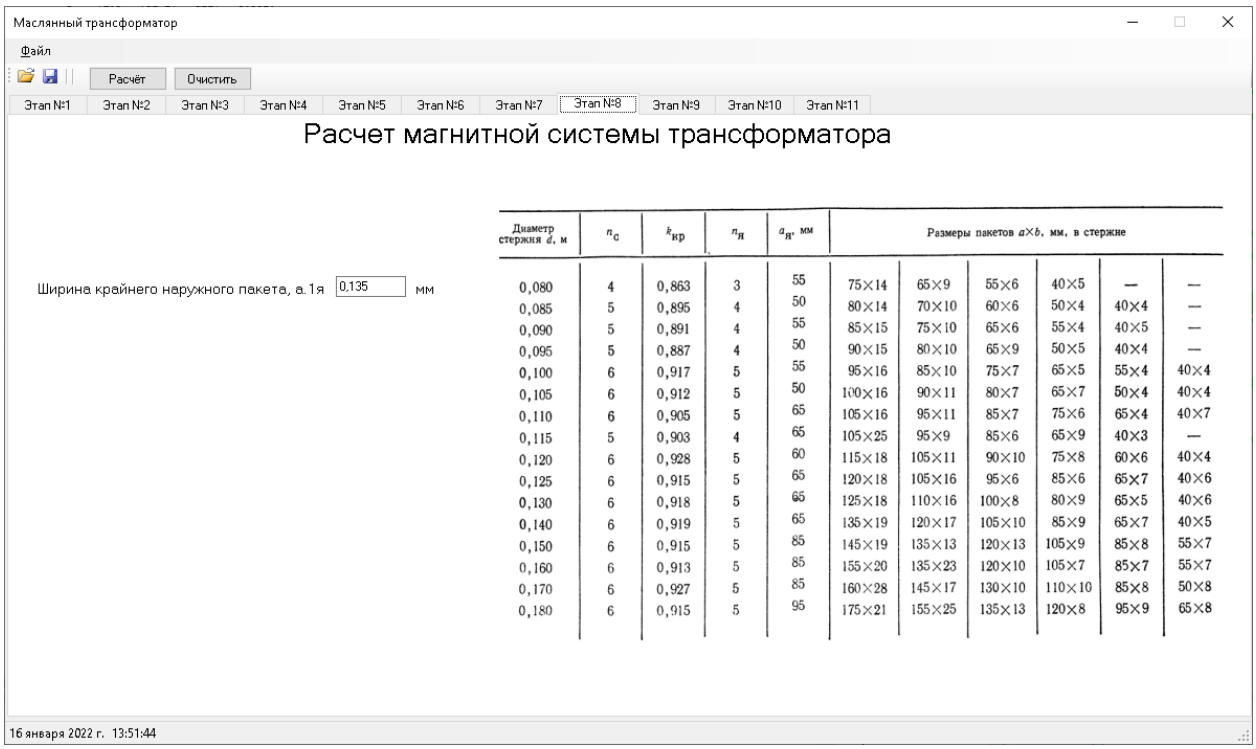


Рисунок 7 – Седьмой этап расчёта



Диаметр стержня d, м	n_c	$k_{кр}$	$n_я$	$a_я$, мм	Размеры пакетов $a \times b$, мм, в стержне					
0,080	4	0,863	3	55	75×14	65×9	55×6	40×5	—	—
0,085	5	0,895	4	50	80×14	70×10	60×6	50×4	40×4	—
0,090	5	0,891	4	55	85×15	75×10	65×6	55×4	40×5	—
0,095	5	0,887	4	50	90×15	80×10	65×9	50×5	40×4	—
0,100	6	0,917	5	55	95×16	85×10	75×7	65×5	55×4	40×4
0,105	6	0,912	5	50	100×16	90×11	80×7	65×7	50×4	40×4
0,110	6	0,905	5	65	105×16	95×11	85×7	75×6	65×4	40×7
0,115	5	0,903	4	65	105×25	95×9	85×6	65×9	40×3	—
0,120	6	0,928	5	60	115×18	105×11	90×10	75×8	60×6	40×4
0,125	6	0,915	5	65	120×18	105×16	95×6	85×6	65×7	40×6
0,130	6	0,918	5	65	125×18	110×16	100×8	80×9	65×5	40×6
0,140	6	0,919	5	65	135×19	120×17	105×10	85×9	65×7	40×5
0,150	6	0,915	5	85	145×19	135×13	120×13	105×9	85×8	55×7
0,160	6	0,913	5	85	155×20	135×23	120×10	105×7	85×7	55×7
0,170	6	0,927	5	85	160×28	145×17	130×10	110×10	85×8	50×8
0,180	6	0,915	5	95	175×21	155×25	135×13	120×8	95×9	65×8

Рисунок 8 – Восьмой этап расчёта

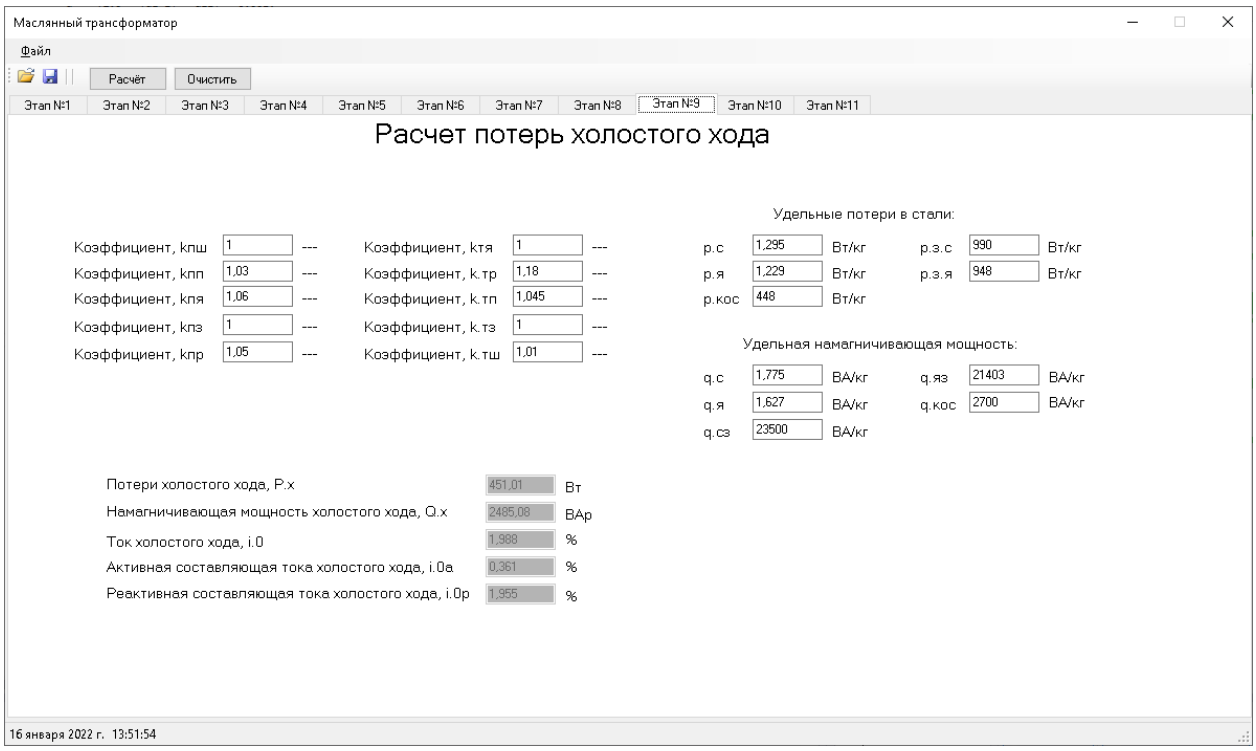


Рисунок 9 – Девятый этап расчёта

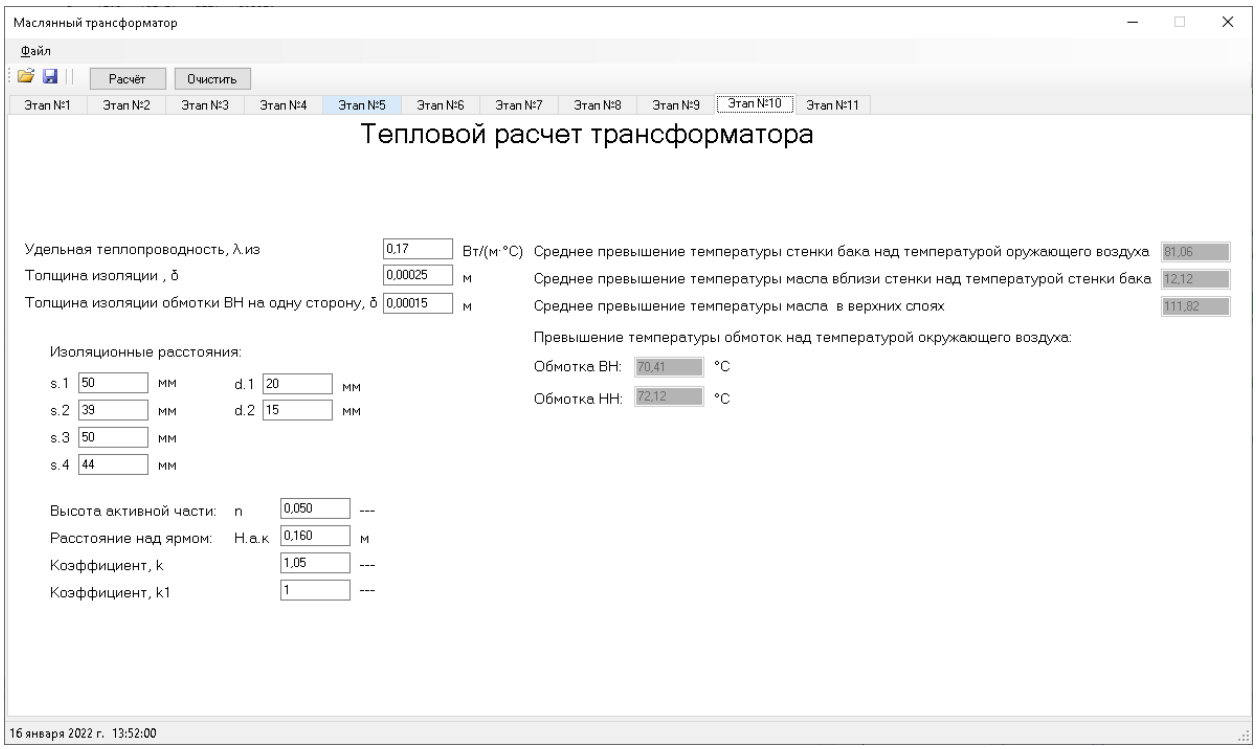


Рисунок 10 – Десятый этап расчёта

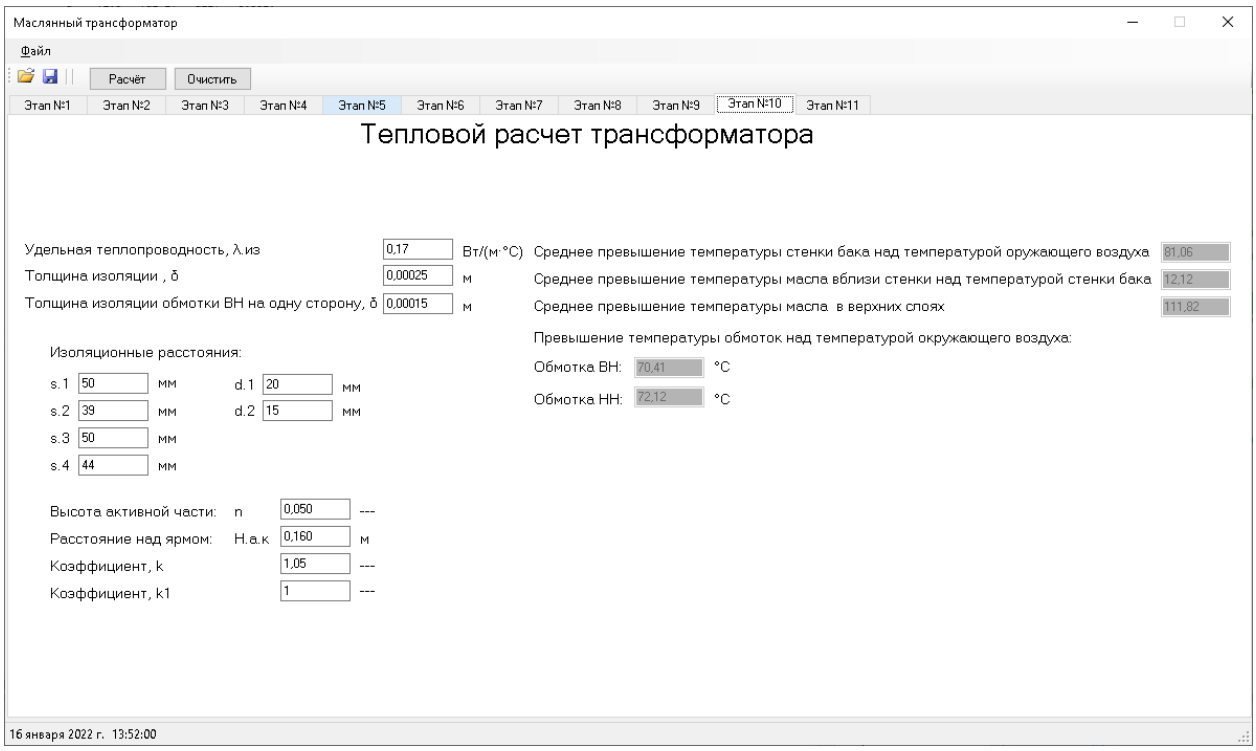


Рисунок 11 – Одиннадцатый этап расчёта

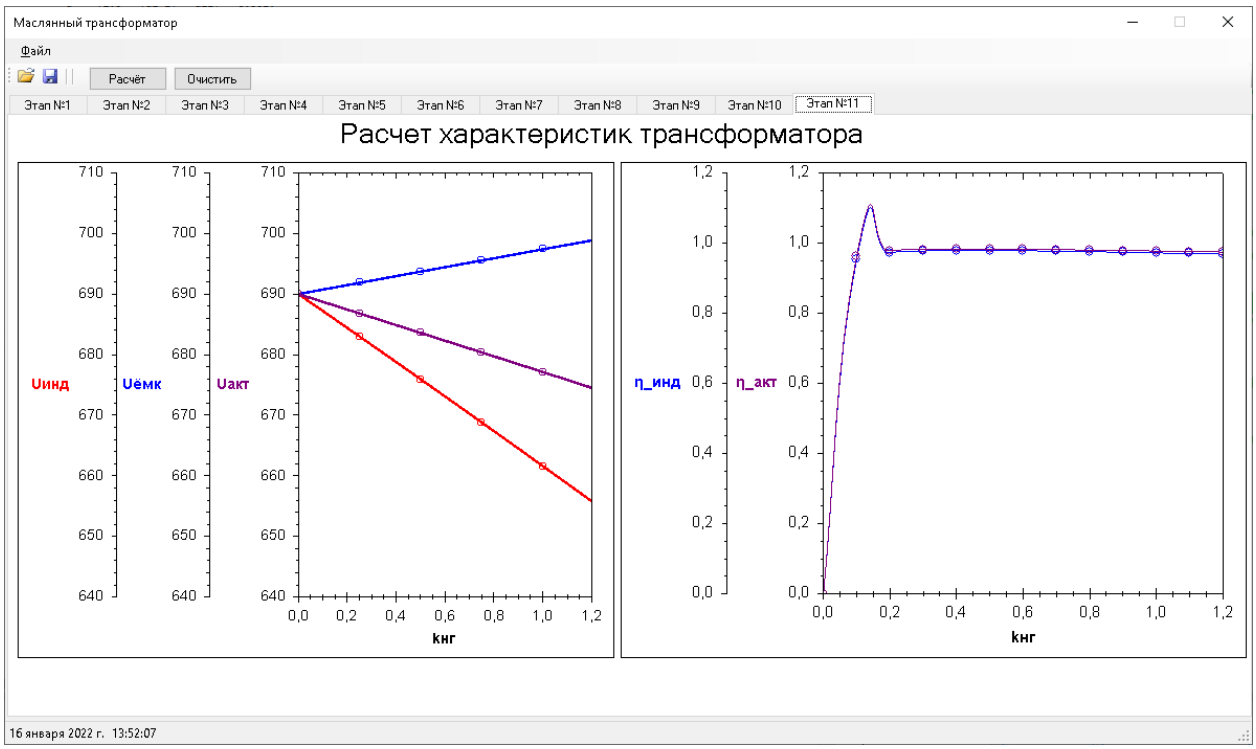


Рисунок 12 – Двенадцатый этап расчёта

Список литературы

1. Тихомиров, П.М. Расчёт трансформаторов Учебное пособие для вузов– 5-е изд., перераб. и доп. – М Энергоиздат. 1986. – 528 с., ил.

2. Герасимова, В.Г. Электротехнический справочник Электротехнические изделия и устройства / Под общ. Ред. профессоров МЭИ В.Г. Герасимова и др. (гл. ред. И.Н. Орлов). – 9-е изд., стер. – М. Издательство МЭИ, 2003. – 518 с.

РЕГУЛИРУЕМЫЙ ГЕНЕРАТОР ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ ЛАБОРАТОРИИ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

Яковлев Н.С., Бескоровайный А.А., Домаев Д.С.,
Греков Э.Л., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Изучение дисциплины «Электротехника» нельзя представить без проведения лабораторных работ. Практическая составляющая играет важную роль при подготовке инженеров-электриков. Ведь будущая профессия связана с электрическими и электротехническими установками, обслуживание, пуско-наладка которых подразумевает владение законов электротехники.

Одними из задач, которые студенты решают на практике, являются [1]:

1) подтверждение законов Ома, Кирхгофа на переменном токе для цепей с активными и реактивными элементами;

2) определение значений индуктивности и емкости методом амперметра-вольтметра;

3) изучение явлений резонанса.

Для проведения этих лабораторных работ необходим регулируемый генератор переменного напряжения. Промышленность выпускает достаточно много моделей генераторов, однако практически все они не подходят для применения в лабораторном стенде, так как имеют маломощный выход, рассчитанный на сопротивление нагрузки не более 50 Ом.

Требования, которые предъявляются к генератору переменного напряжения для работы с лабораторными стендами по электротехники, следующие:

1) диапазон генерируемых частот 0..1000 Гц с регулировкой с шагом не шире 1 Гц;

2) амплитуда выходного напряжения не менее 10 В, с возможностью расширения до 30 В;

3) амплитуда тока выходного сигнала – не менее 2 А с защитой от короткого замыкания.

В этом случае есть смысл узел генератора сделать модульным с выходным усилителем мощности и соответствующими источниками питания. Схема электрическая принципиальная гененератора представлена на рисунке 1. На рисунке изображены два источника питания 12В, включенные последовательно для формирования двухполярного напряжения. Это требуется для работы усилителя. Третий источник питания 9В предназначен для питания блока генератора переменного напряжения. Однако если для силового усилителя используется напряжение не более 12 В, то можно питать генератор и от этих источников. Выход генератора соединен со входом усилителя мощности.

В качестве генератора был выбран радиоконструктор FG089 [2] (рисунок 2). Он сделан на основе микроконтроллера Atmega48 с жидкокристаллическим экраном и с органами управления в виде кнопок и вращающегося энкодера.

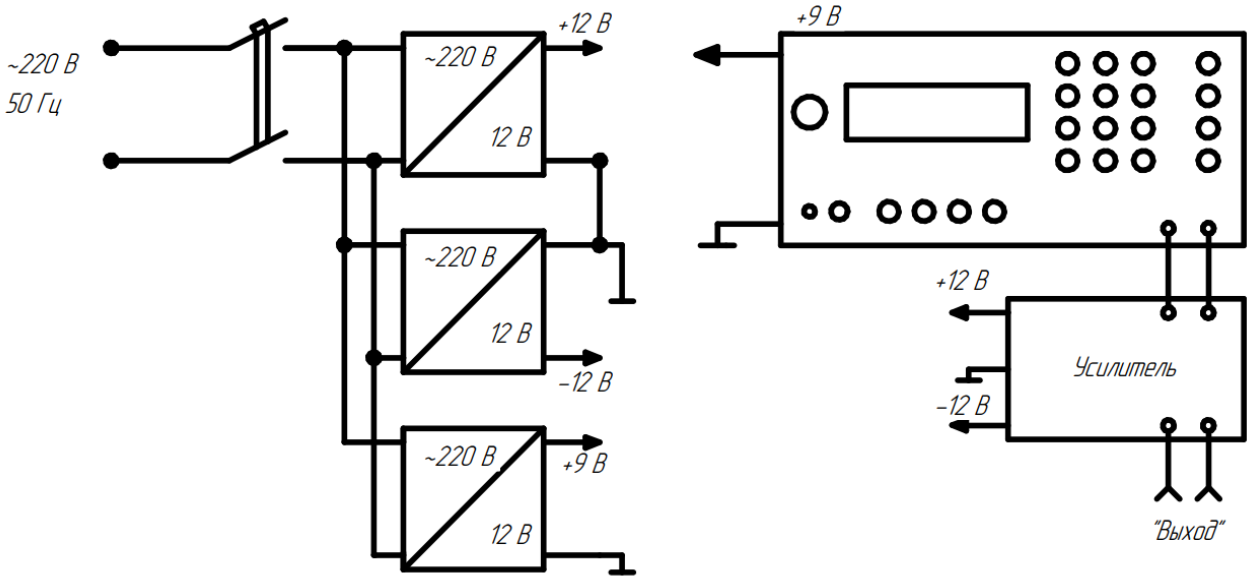


Рисунок 1 – Схема электрическая принципиальная генератора

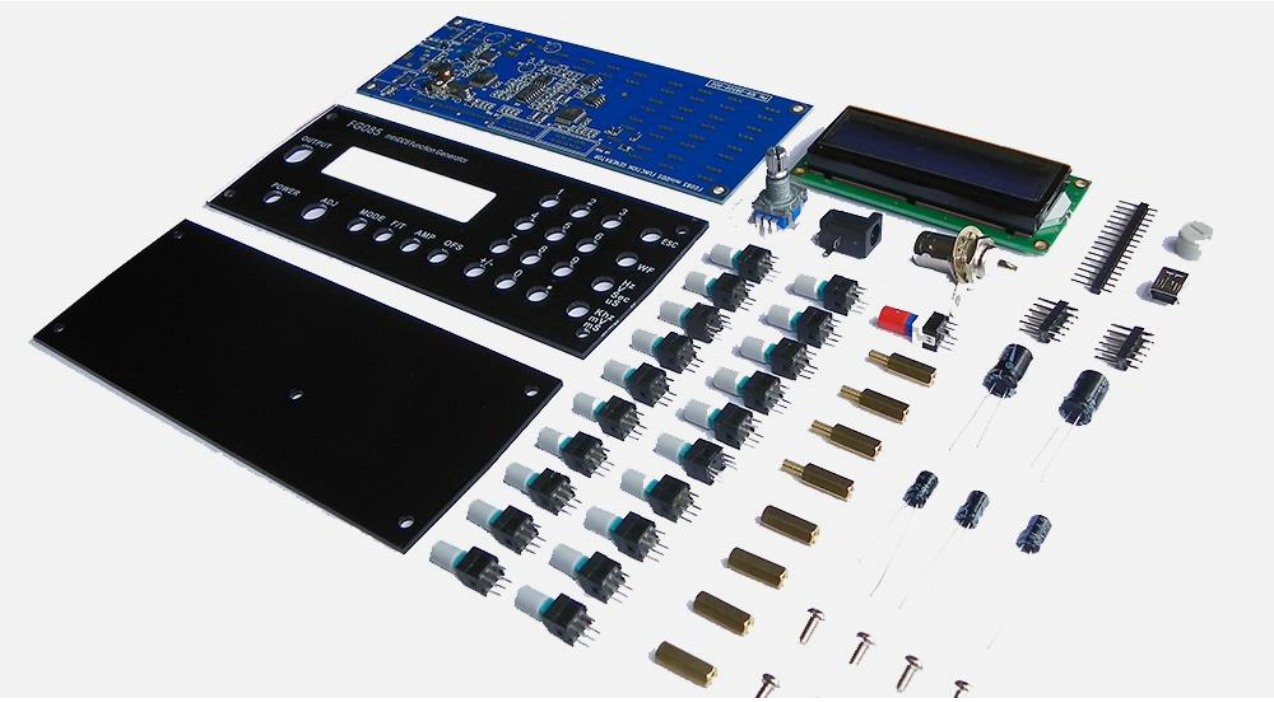


Рисунок 2 – Радиоконструктор FG089

Основные технические параметры генератора приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные технические параметры генератора FG089

	Параметр	Величина
	Диапазон частот	0 – 200 кГц (синусоида) 0 – 10 кГц (остальные)
	Разрешение по частоте	1 Гц
	Максимальная погрешность частоты	0.1490 Гц при частоте > 40 Гц 0.0005960 Hz при частоте ≦ 40Hz
	Диапазон амплитуд	0 – 10В (при питании> 13В)
	Разрешение амплитуды	0.1В
	Выходное сопротивление	50 Ом
	Напряжение питания	14 В DC (максимально 16 В)
	Ток потребления	< 150 мА (без нагрузки)

Основные функциональные возможности приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Основные функциональные возможности FG089

Функция	Операция
Установка частоты или периода	[F/T] + [Клавиши ввода данных] + [Клавиша блока]
Установка амплитуды	[AMP] + [Клавиши ввода данных] + [Клавиша блока]
Установка смещения	[OFS] + [Клавиши ввода данных] + [Клавиша блока]
Оперативные корректировки	Выберите параметр и поворачивайте энкодер [ADJ]. (инкрементный шаг может быть изменен на любое значение)
Установка формы волны	Нажать [WF].
Установка рабочего цикла	[.] + [Клавиши ввода данных] + [Клавиша блока]
Отмена	Кнопка [ESC]

Для усиления мощности выходного сигнала применим операционный усилитель OPA544, типовая схема включения которого приведена на рисунке 2 [3].

Отличительными особенностями микросхемы являются:

1) напряжение питания до плюс-минус 35 В;

2) выходной ток до 4А;

3) внутреннее ограничение выходного тока – защита от короткого замыкания;

4) полоса пропускания 1,4 МГц.

Был разработан и собран макет генератора переменного напряжения для лабораторных работ по электротехнике. Внешний вид представлен на рисунке 3. Применены два источника питания 220/12В, мощностью 15 Вт каждый.

Во время пуско-наладки были сняты осциллограммы с выхода усилителя при разных значениях частоты выходного сигнала (рисунок 4) и формах (рисунок 5).

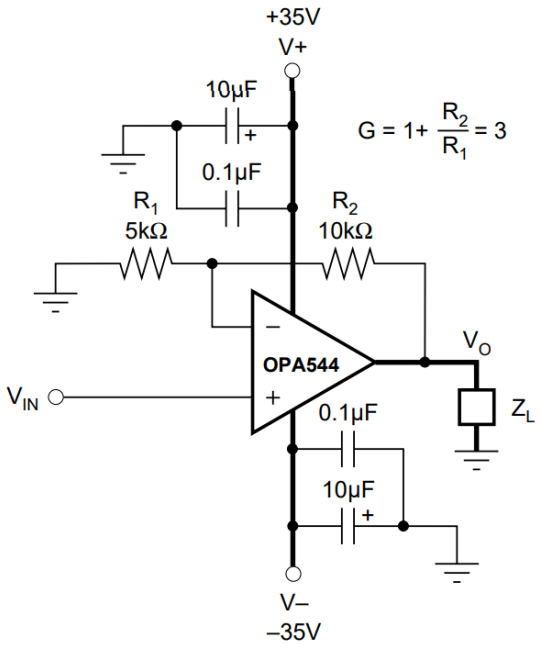


Рисунок 2 – Схема включения усилителя OPA544

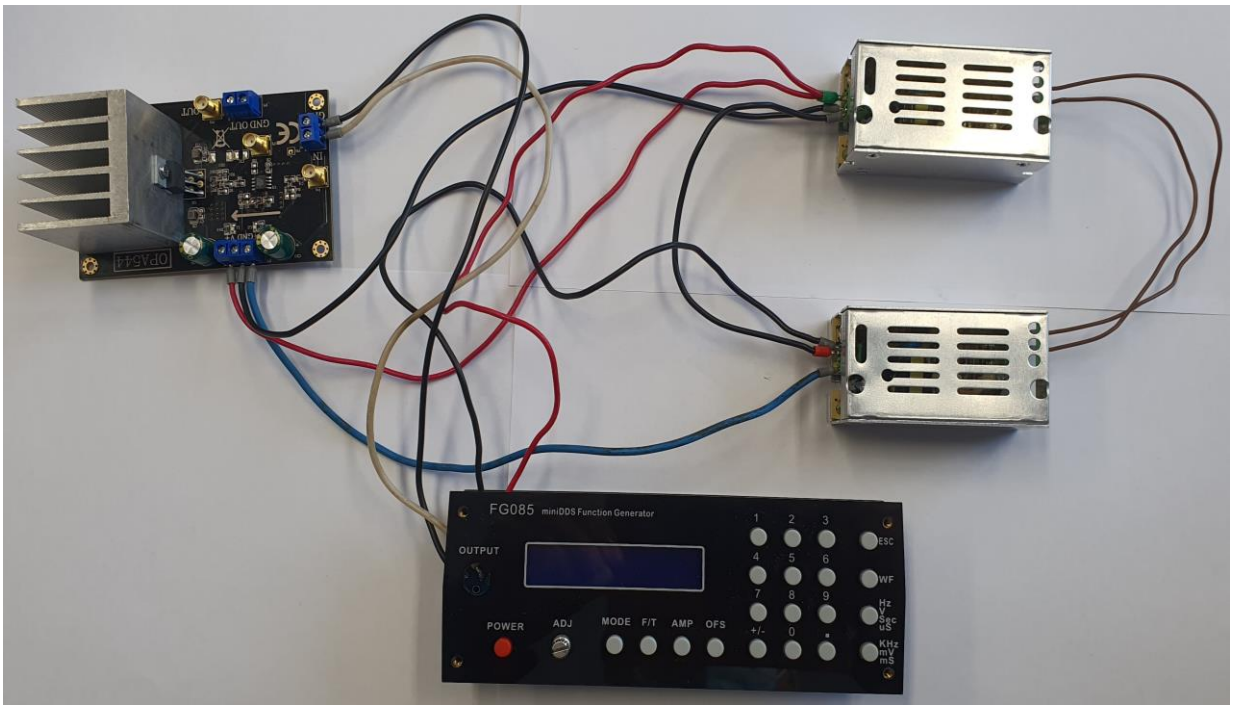


Рисунок 3 – Монтаж генератора с усилителем

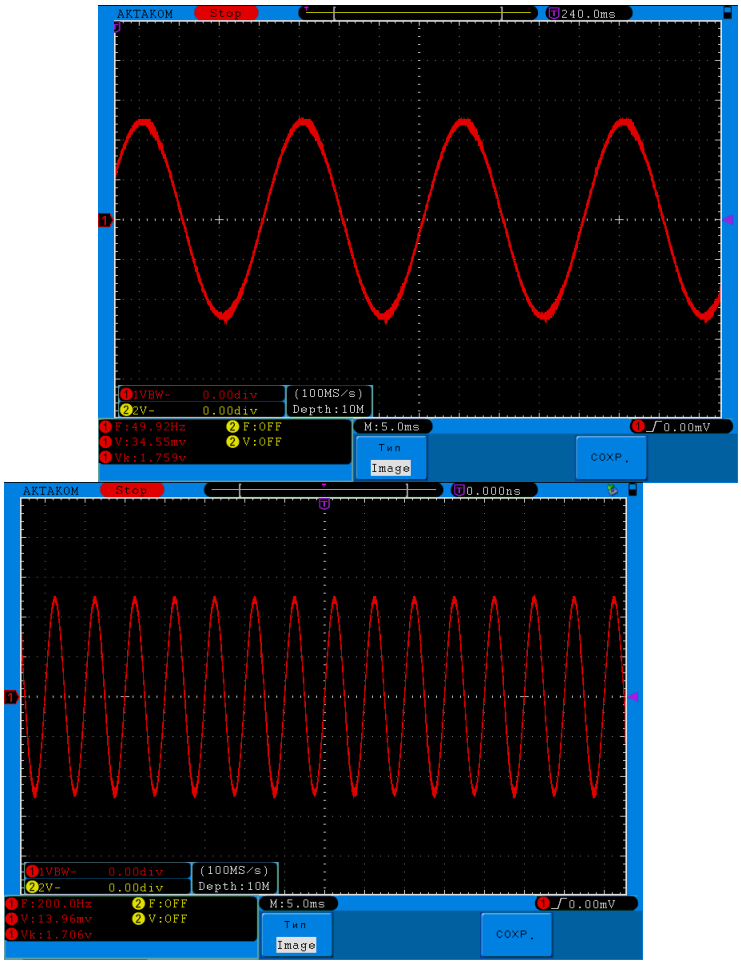


Рисунок 4 – Осциллограммы выходного синусоидального сигнала при 50 и 200 Гц

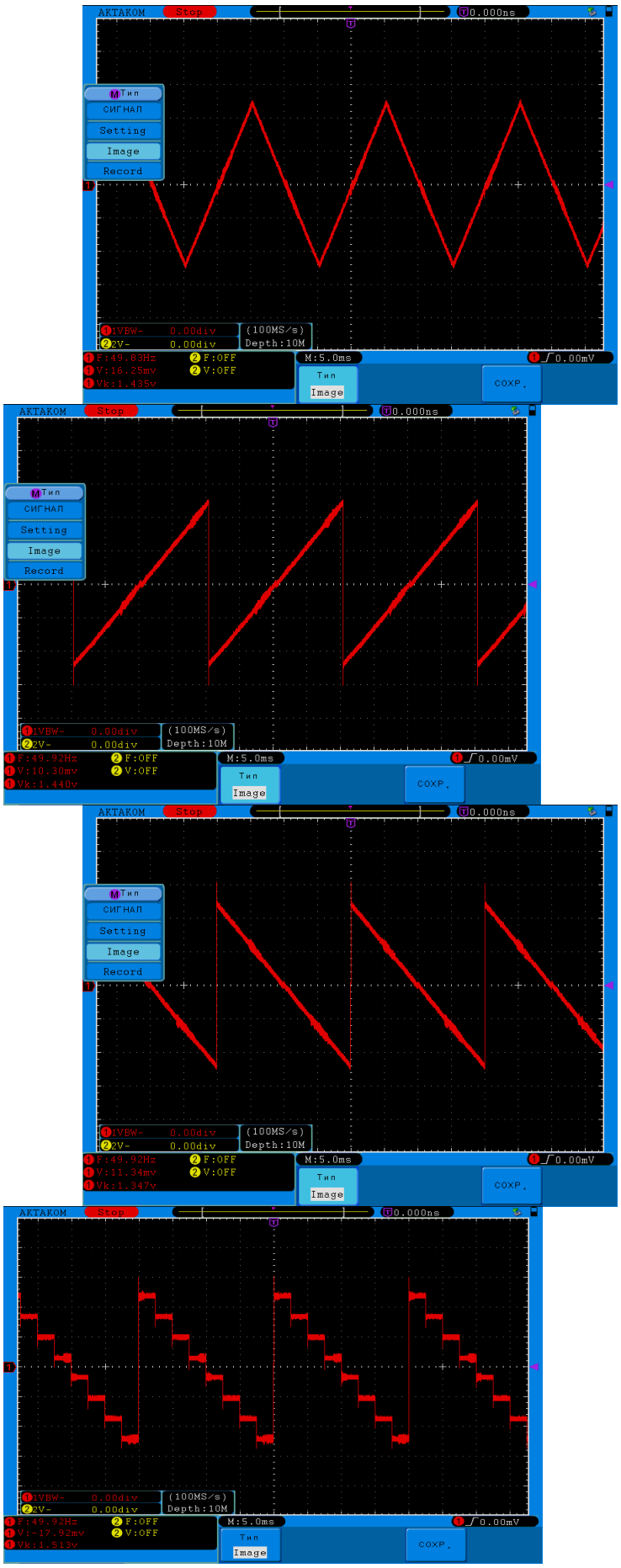


Рисунок 5 – Осциллограммы выходных сигналов различной формы 50 Гц

Таким образом генератора удовлетворяет требованиям для лаборатории электротехники, выполнен на современном техническом уровне и может быть применен и для других задач, где необходим достаточно мощный источник регулируемого переменного напряжения.

Список литературы

1. Семенова, Н. Г.Теоретические основы электротехники [Электронный ресурс] : учебное пособие к лабораторному практикуму для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по направлению подготовки 140400.62 Электроэнергетика и электротехника / Н. Г. Семенова, Л. В. Быковская.

2. Каталог фирмы производителя JYETech. – Режим доступа https://jyetech.com/fg085-minidds-function-generator/

3. Каталог фирмы производителя TexasInstruments.- Режим доступа https://www.ti.com/product/OPA544

ОБЗОР ВИДОВ ПРИВОДОВ РОБОТОВ-МАНИПУЛЯТОРОВ

Волков А.В., Греков Э.Л., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

За последние несколько лет в сфере технологий произошёл резкий скачок. И если раньше роботизация имела место в отдельно взятых промышленностях, к примеру, в автомобилестроении, то теперь же применение роботов-манипуляторов используется повсеместно и охватывает многие отрасли.

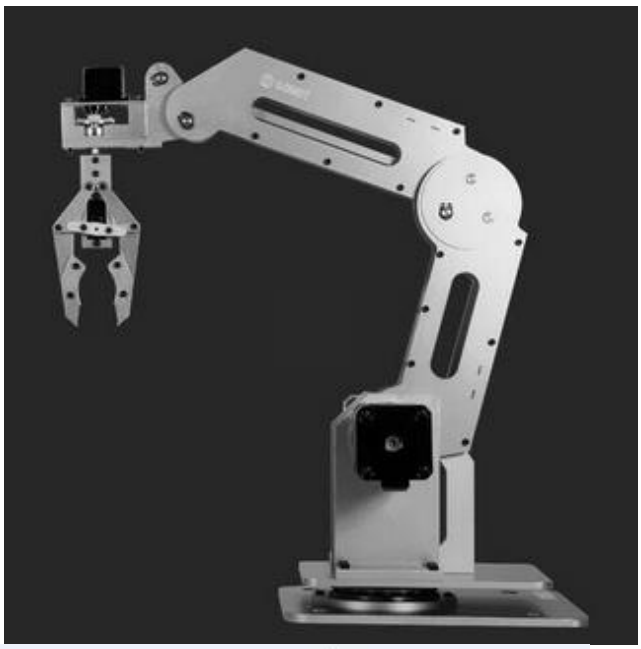
Для начала разберёмся, что же это такое.

Робот-манипулятор – это совокупность рычажных механизмов и систем приводов, объединённых вместе и управляемых, либо непосредственно оператором, либо с помощью программируемого автоматического устройства, совершающих определённые поступательные и поворотные действия схожие с действиями человеческой руки.

Они бывают мобильные и стационарные. Классифицируются по:

- характеру выполняемых работ;
- числу степеней свободы;
- типу приводов;
- по виду управления.

Пример такого манипулятора изображён на рисунке 1.



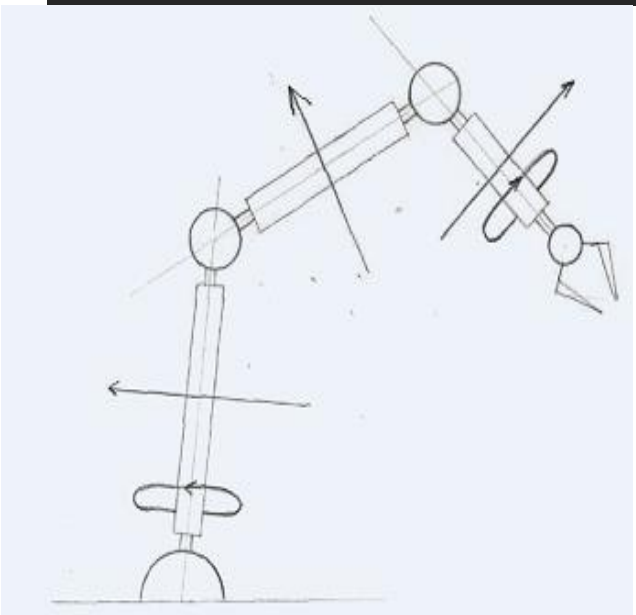


Рисунок 1 – Манипулятор для перемещения грузов

В данной статье речь пойдёт именно о типах используемых приводов, их принципах работы. Существуют несколько типов приводов, каждый их которых имеет свои достоинства и недостатки.

Пневматический привод.

Особенностью пневмопривода (ПР) является то, что этот привод легко совмещается со звеньями манипулятора, обеспечивая непосредственное воздействие на них (рисунок 2а). В этой конструкции два элемента привода гильза 1 и шток 2, жестко связанный с поршнем 3, одновременно являются перемещающимися друг относительно друга звеньями манипуляционной системы ПР. Перемещение достигается путем изменения давлений P_1, P_2 в левой и правой полостях пневмоцилиндра. Для лучшей изоляции этих полостей

друг от друга между поршнем 3 и гильзой 1 помещается фторопластовая прокладка 4 и резиновое уплотнение 5.

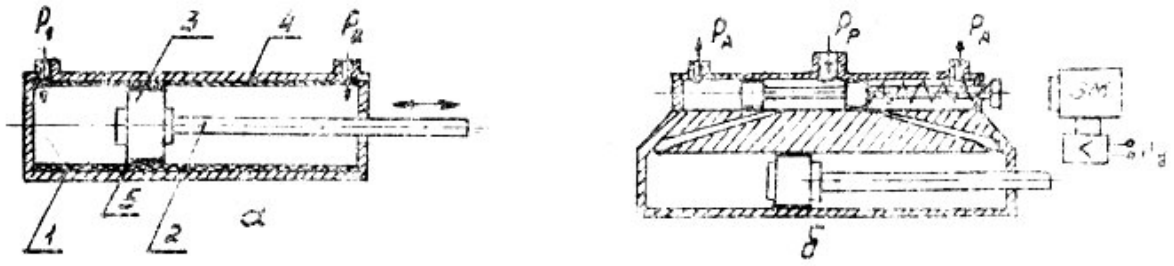


Рисунок 2 – Схема пневматического привода

Управление перемещением звеньев осуществляется при помощи золотника, который конструктивно связан с гильзой пневмоцилиндра (рисунок 2 б). Если электромагнит (ЭМ) обесточен, то воздух под рабочим давлением P_p поступает в левую полость пневмоцилиндра. Его правая полость при этом соединена с атмосферой и находится под давлением $P_a < P_p$. Образующая разность давлений P_p - P_a перемещает поршень со штоком вправо до упора. Если же на электромагнит поступает единичный сигнал, то шток золотника притягивается к якорю электромагнита. При этом воздух под давлением P_p начинает поступать в правую полость пневмоцилиндра, а его левая полость соединяется с атмосферой. Под действием разности давлений P_p - P_a поршень со штоком перемещается влево до упора.

Энергоустановка для пневмопривода может быть представлена в виде принципиальной схемы, приведенной на рисунке 3. Она состоит из компрессора, запорного муфтового клапана 1, влагоотделителя 2, регулятора давления 3, манометра 4 и маслораспылителя 5. Если в цеху имеется пневмосеть, то робот с пневмоприводом подсоединяется непосредственно к ней. Если же такой сети нет, то пневморобот должен иметь энергоустановку индивидуального пользования.

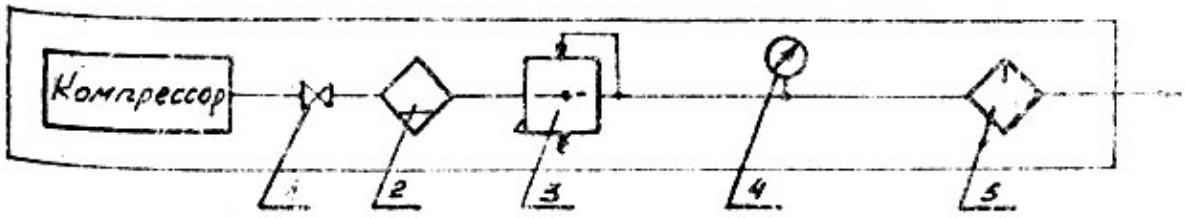


Рисунок 3 – Принципиальная схема пневмопривода

Гидравлический привод

Энергоносителем в этом типе привода является практически несжимаемая жидкость. В остальном гидропривод похож па пневмопривод.

Однако благодаря тому, что жидкость несжимаема, поршень можно довольно точно останавливать в требуемых положениях, одновременно отключая подачу и выпуск жидкости в обе полости рабочего цилиндра. Такое отключение условно изображается средней частью распределителя 1, показанного на рисунке 4.

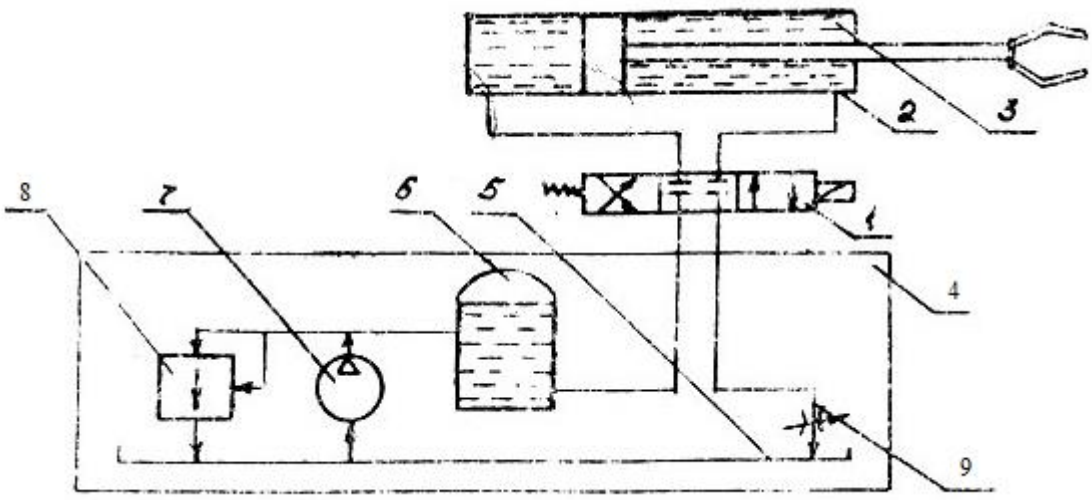


Рисунок 4 – Схема гидропривода

На этом рисунке гидроцилиндр 2 наполнен рабочей жидкостью 3. Источником рабочей жидкости является гидростанция 4, содержащая бак 6 и гидравлический аккумулятор, используемый для предотвращения влияния отказов системы питания на гидромотор. В аккумулятор рабочая жидкость поступает из бака 6 по гидролиниям 5 при помощи насоса 7. Если давление в аккумуляторе превышает заданное, срабатывает выпускной клапан 8. Лишняя жидкость через этот клапан стекает в бак 6. В тот же бак стекает через дроссель 9 жидкость из уменьшающегося объема гидроцилиндра при перемещении в нем поршня со штоком.

Для торможения поршня применяется гидравлическая фиксация, а для позиционирования - упоры и гидравлические демпфирующие устройства. В целом гидропривод, как и пневмопривод, непосредственно связан со звеньями манипулятора и имеет малую инерционность.

Комбинированный привод

В качестве примера использования комбинированного привода рассмотрим представленную на рисунке 5 гидропневматическую систему, состоящую из исполнительного гидроцилиндра 1, силового гидроцилиндра 2, емкости 3, клапана 4 и пневмоцилиндра 5. Пневмоцилиндр вместе с гидроцилиндром 2 образуют упрощенную гидростанцию. При движении их общего штока вправо схват робота движется влево. Если при движении поршня пневмоцилиндра влево переключить распределитель исполнительного

гидроцилиндра 1 в крайнее правое положение, то схват начнет перемещаться вправо. Емкость 3 используется при этом для компенсации разности объемов протекающей через клапан 4 жидкости при среднем положении распределителя, а также для компенсации ее утечки.

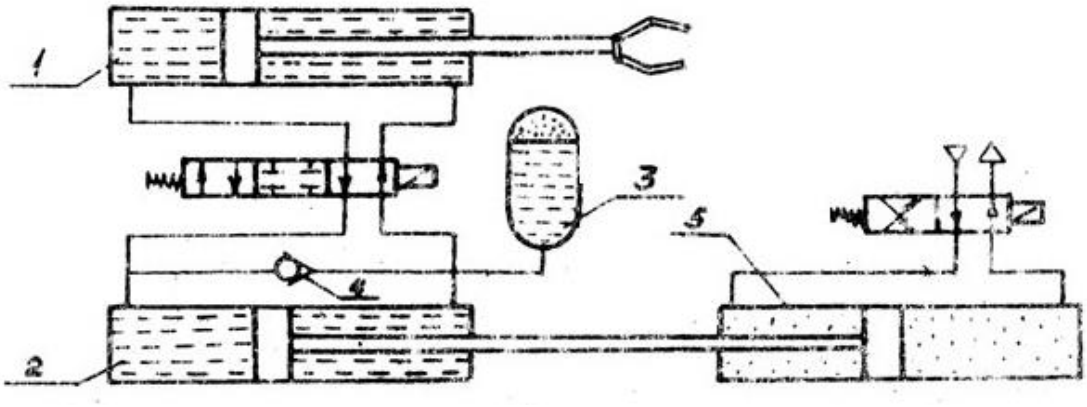


Рисунок 5 – Схема комбинированного привода

Электрический привод

Электропривод современного робота представляет собой комплекс приводов, каждый из которых управляет определенной степенью подвижности. Схематическое изображение электропривода имеет вид, приведенный на рисунке 6, где приняты следующие обозначения: $ЦРП_i$ (i = 1, 2, ..., n) - цифровой регулятор положения; $СП_i$ (i = 1, 2, ..., n) - сервопривод; ДУ - датчик угла.

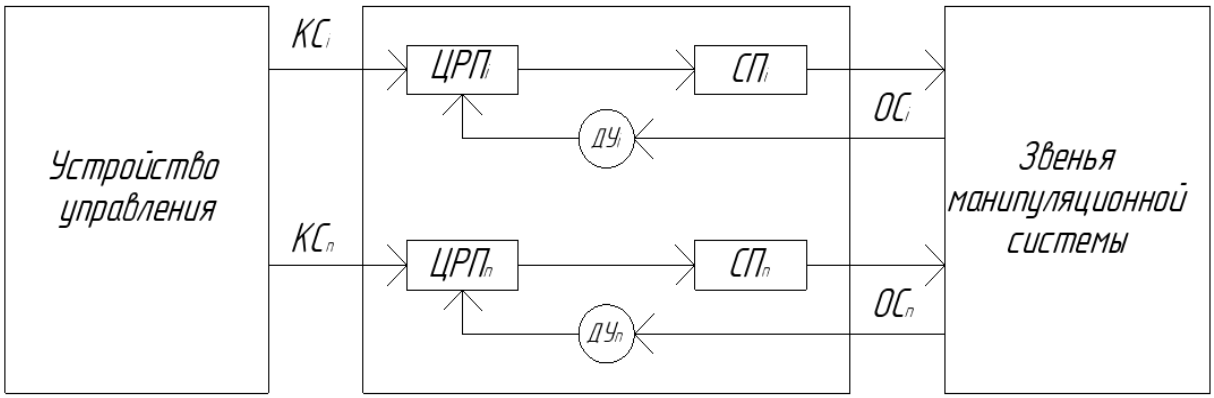


Рисунок 6 – Структурная схема электрического привода

В свою очередь, сервопривод $СП_i$ строится по схеме, показанной на рисунке7. Здесь РС - регулятор скорости; РТ - регулятор тока; ПР - преобразователь; М - двигатель; ДС - датчик скорости; ДУ - датчик угла.

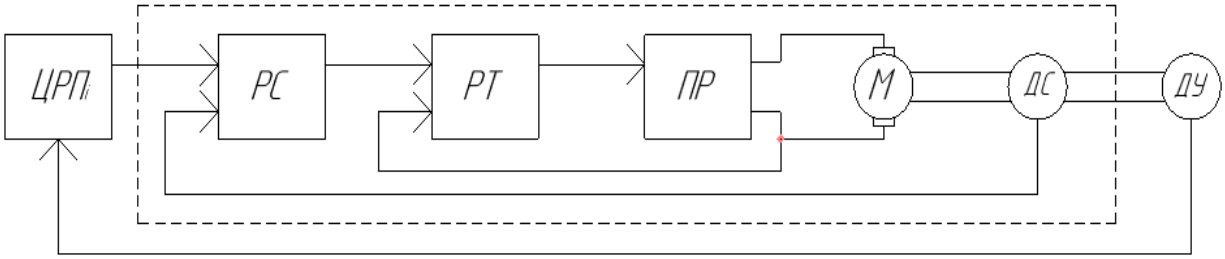


Рисунок 7 – Структурная схема сервопривода

В маломощных манипуляторах применение шагового двигателя позволяет оказаться от датчиков скорости и углов поворота, что существенно облегчает конструкцию и систему управления. Но в случае внезапного стопорения или перегрузки происходит потеря ориентации и нужно будет заново выводить манипулятор в нулевую точку.

При построении макетов роботов имеет смысл применить малогабаритные сервопривода, например, как показан на рисунке 8. Максимальный момент, развиваемый данным приводом составляет 18 кг·см (0,18 Н·см), что вполне достаточно для поднятия грузов до 0,5-0,6 кг с суммарным длиной плеч кинематической схемы 25 см.Управление происходит по дискретному каналу с широтно-импульсной модуляцией. Внутри сервопривода установлен резистивный датчик угла, поэтому потери ориентации при перегрузки не происходит.

Подводя итог, можно сделать вывод, исходя из сложности исполнения того или иного привода, возможности воздействия на него, а также из их достоинств и недостатков, что наиболее лучший вариант использования зависит от многих факторов и конкретного характера работы в определённой промышленности. И в каждом случае требуется индивидуальный расчёт.

Рисунок 8 – Сервопривод

Однако наиболее перспективным для малогабаритных манипуляторов является электрический привод, так как обеспечивает точное позиционирование с широким диапазоном регулирования скорости перемещения.

Список литературы

1. Иванов, А. А. Основы робототехники: Учебное пособие / А.А. Иванов. - Москва : Форум, 2014. - 224 с. (Высшее образование). ISBN 978-5-91134-575-4.

2. Юревич, Е. И. Основы робототехники. - Л.: Машиностроение, 1985. - 271 с;

3. Основы робототехники/ Под. ред. К. Д. Никитина. - Красноярск: Изд-во Красноярского университета, 1986. - 206 с;

4. Мамасалиева, М.И., Абдурашидов О.У. Роботы и манипуляторы в автомобильной промышленности / Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2021;

5. Робототехника/Под ред. Е. П. Попова и Е. И. Юревича. - М.: Машиностроение, 1984. - 287 с;

6. Полов Е. П., Верещагин А. Ф., Зенкевич С. Л. Манипуляционные роботы: динамика и алгоритмы. - М.: Наука, 1978. - 398 с.

ВИДЫ КОНСТРУКЦИЙ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Григорьев И.А., Греков Э.Л., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

В настоящее время в мире остро стоит проблема постепенного истощения энергетических полезных ископаемых. Поэтому разработка и совершенствование установок по преобразованию возобновляемых источников энергии является актуальной.

Солнечные электростанции (СЭС) в основном работают на основе фотопреобразования и термопреобразования. В данной статье подробно рассматриваются технология концентрации солнечной энергии для увеличения коэффициента полезного действия тепловых станций.

Солнце является источником неисчерпаемой и экологичной энергии. В настоящий момент по всему миру ведутся работа по применению солнечной энергии по различным направлениям. Разработки в сфере малой энергетики, работы в основном направлены на отопление зданий и водоснабжение горячей водой. Однако немалое развитие было достигнуто и в области крупномасштабной энергетики.

Повышение кпд электро- и термопреобразования возможно добиться путем концентрации солнечной энергии. При этом сам преобразователь остается компактным, а большую площадь будут занимать более дешевые устройства по концентрации.

Технология концентрации солнечной тепловой энергии – это разновидность солнечной электростанции, которая использует зеркала или линзы. К таким типам относятся СЭС использующие параболические концентраторы тарельчатого или башенного типа.

Солнечные электростанции тарельчатого типа.СЭС тарельчатого типа работает попринципуконцентрации потока солнечного излучения на единичном теплоприемнике. Конструктивно она состоит из множества различных модулей, располагаемых на кронштейнах.Конструкции приёмника и отражателя закрепляютсяна стержневой системе каждого модуля. Отражатель состоящий из зеркал, размещающихся радиально и образует тарельчатую форму, которая концентрирует поток солнечного света в месте, где установлена конструкция теплоприемника. Приёмником тепловой энергии солнца могут служить ёмкость с водой или маслом, или двигатель Стирлинга(тепловая машина, в которой рабочее тело, к примеру, водород,перемещается в замкнутом пространстве). Нарисунке 1 представлена схема работы СЭС тарельчатого типа.

К недостатку такого типа СЭС можно отнести сложность изготовления параболического зеркала и необходимость применения нескольких СЭС для увеличения генерирования мощности. Вторая проблема состоит в сложности сбора энергии, ведь в фокусе каждого модуля установлен свой теплоприемник, причём все они расположены на большой площади. Что означает, пар надо

концентрировать от значительного количества солнечных приемников в одном месте, что очень усложняет станцию.

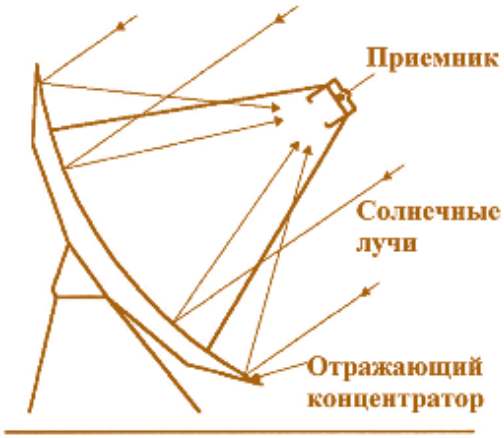


Рисунок 1 – Схема СЭС тарельчатого типа

Солнечные электростанции, использующие параболоцилиндрические концентраторы. Параболоцилинтрические зеркала (лотки) концентрируют поток солнечного света на теплоприемнике, в котором теплоносителемявляется термостойкое кремнийорганическое масло. Теплоприемник размещается по центру каждого концентратора вдоль фокусной линии цилиндра и охвачен стеклянной оболочкой. Между стальной трубой теплоприемника и стеклянной оболочкой находится вакуум, а поверхность сооружения покрыта специальным покрытием для высокого поглощения и низкого излучения тепловой энергии. Рабочее тело в теплоприемнике способно разогреваться до 400 °С, что способствует выработке пара, приводящего в движение турбогенератор. На рисунке 2 представлено устройство параболоцилиндрических концентраторов.

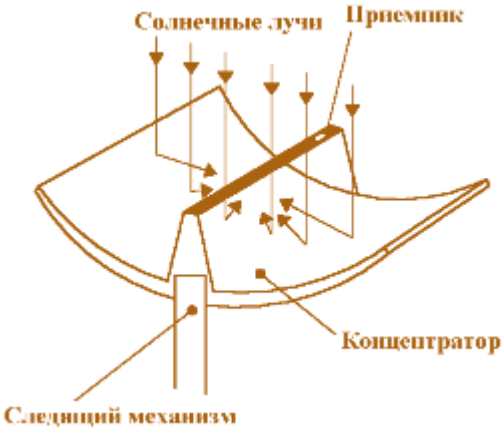


Рисунок 2 – Схема СЭС спараболоцилиндрическими концентраторами

По отношению к предыдущей конструкции СЭС цилиндрический концентратор более прост в изготовлении.

Солнечные электростанции башенного типа.

По принципу действия данный вид СЭС похож на тарельчатый тип. Приемник светового излучения неподвижен и закреплен на башне. Концентратор состоит из массива независимых зеркал, закрепленных на специальных опорах с сервоприводами по двум осям. Этот массив похож на отражающую линзу Френеля. Зеркало с опорой называется гелиостатом.

В качестве приемника используется в основном резервуар с теплоносителем для последующего преобразования в электрическую энергию посредством турбогенератора. Возможно использование гелиостатов и для получения чистой тепловой энергии. В зависимости от расположения солнца, система позиционирования регулирует положение всех гелиостатов таким образом, чтобы отражаемое солнечноеизлучениеконцентрировалось на резервуаре с водой. На рисунке 3 представлена схема работы СЭС башенного типа.

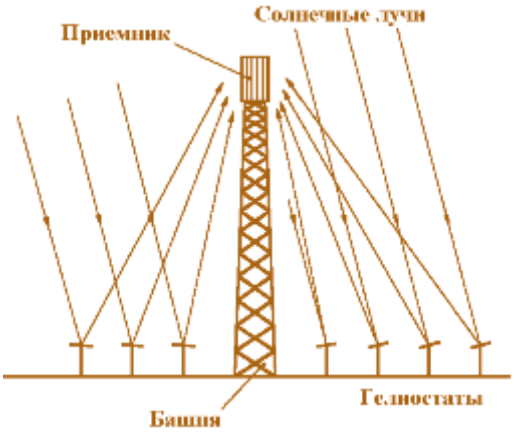


Рисунок 3 – Схема СЭС башенного типа

СЭС башенного типа лишена недостатков предыдущих конструкций. В ней солнечное излучение, отражаясь от множества плоских зеркал, простых в изготовлении, концентрируется на поверхности центрального приемника. Для увеличения мощности генераторе при достаточном запасе приемника увеличивается количество гелиостатов.

Однако основной сложностью в этой конструкции является синхронизированное управление положениями всех зеркал. В соответствии с положением Солнца на небосводе автоматически должна меняться и ориентация гелиостатов, причем угол наклона каждого зеркала свой, в зависимости от его расположения около башни. Современные микроконтроллерные и информационные технологии позволяют существенно упростить выполнение этой задачи.

Таким образом тема разработка механотронного модуля позиционирования зеркала гелиостанции является актуальной и значимой, поэтому дальнейшее исследования могут быть направлены на повышение эффективности преобразования солнечной энергии посредством

автоматической фокусировки с помощью массива зеркал. Позиционирование зеркал имеет смысл производить на основе сигналов с датчиков GPS/Глонасс, так как они не зависят от состояния атмосферы и ее облачности.

Список литературы

1. Рубанов Н.В., Матвеева М.С., Проскуряков С.Н.Аллея науки. 2018. Т. 5. № 9 (25). С. 363-367.

2. Акинов Е.К. Деформационный расчет конструкции гелиостатов солнечных электростанций : автореф… дис. кан. тех. наук.–М.: 1991.–23с.

3. Худяков Е.А., Мамонов Р.В.В сборнике: Актуальные вопросы энергетики. Материалы 7-й всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной профессиональному празднику "День энергетика". Отв. редактор О.А. Пустовая. 2020. С. 213-215.

4. Жданова В.А., Бакрунова Т.С.В сборнике: Модернизация и инновационное развитие топливно-энергетического комплекса. материалы международной научно-практической конференции. 2019. С. 10-11.

5. Ахмедов Р.Б., Баум И.В., Пожарнов В.А., Чаховский В.М. Солнечные электрические станции : ВИНИТИ — М.: 1986. — 120 с.

РЕЙТИНГОВАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ ВУЗА

Ерунов В.П., канд.техн.наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

На основе принципов системного подхода вуз необходимо рассматривать как сложную систему, состоящей из взаимосвязанной совокупности подсистем, обеспечивающих выполнение следующих видов деятельности: управленческой, экономической, учебной, научно-производственной, маркетинговой, социально-воспитательной и хозяйственной. Эти основные виды деятельности вуза и определяют необходимые виды работы преподавателя: учебную, учебно-методическую, научно-методическую, научно-исследовательскую, организационно-методическую и внеучебную. Исходя из утвержденного вузу штата и с учетом необходимого выполнения профессорско-преподавательским составом этих видов работ в пределах шестичасового рабочего дня, ученый совет вуза устанавливает объем учебной нагрузки преподавателю. А объемы других видов работ определяют индивидуально с учетом общего объема работы, специфики учебного плана и наибольшей целесообразности использования того или иного преподавателя на отдельных видах работы.

Для осуществления интегральной оценки деятельности преподавателя за отчетный период осуществляют постоянный мониторинг рейтинга преподавателя по итогам выполнения индивидуального плана за учебный год. На основе величины индивидуального рейтинга преподавателя руководством вуза принимается решение о его материальном и моральном поощрении. Наряду с этим определяется рейтинг степени выполнения плановых работ кафедры, факультета и вуза. По результатам мониторинга этих рейтингов можно судить о качестве и количестве выполненных структурными учебными подразделениями вуза учебной, учебно-методической, научно-методической, научно-исследовательской, организационно-методической и внеучебной работ.

Рейтинговая система предусматривает оценку деятельности преподавателей по результатам учебного года. Для расчета рейтингового показателя деятельности преподавателя используют утвержденные в вузе нормы времени по всем видам плановых работ. Только научно обоснованные и практически проверенные нормы времени всех видов работ дают объективную основу для расчета рейтинга результатов деятельности преподавателя [1,2,3].

Для оценки степени участия преподавателя в выполнение аудиторной работы используют коэффициент участия преподавателя в выполнение аудиторной работы по кафедре

$$К_{уч.А\,ji} = \frac{АР^{*}_{п\,ji}}{АР^{*}_{ср.к\,j} \cdot к_{с\,ji}}, \qquad (1)$$

где $К_{уч.А\,ji}$ – коэффициент участия i-того преподавателя в выполнение аудиторной работы по j-той кафедре;

$АР^{*}_{п\,ji} = a \cdot ЛК_{ji} + b \cdot ПЗ_{ji} + c \cdot ЛБ_{ji}$ – приведенная аудиторная учебная работа, выполненная i-тым преподавателем j-той кафедры в учебном году;

a, b, c – коэффициенты напряженности труда соответствующих видов учебной работы;

$ЛК_{ji}, ПЗ_{ji}, ЛБ_{ji}$ - реальное число часов лекционных, практических и лабораторных занятий, проведенных i-тым преподавателем j-той кафедры в учебном году;

$АР^{*}_{ср.к\,j} = \frac{a \cdot ЛК_{j} + b \cdot ПЗ_{j} + c \cdot ЛБ_{j}}{N_{шт.к\,j}}$ - среднее значение приведенной аудиторной учебной работы по j-той кафедре;

$ЛК_{j}, ПЗ_{j}, ЛБ_{j}$ – число часов лекционных, практических и лабораторных занятий, проведенных преподавателями j-той кафедры в учебной году (без учета почасового фонда);

$N_{шт.к\,j}$ – количество штатных единиц профессорско-преподавательского состава j-той кафедры (без учета почасового фонда);

$к_{с\,ji}$ – годовая учебная нагрузка i-того преподавателя j-той кафедры в ставках.

Если в результате расчета $К_{уч.А}$ по выражению (1) получили $К_{уч.А} = 1$, то это свидетельствует об оптимальной загрузке преподавателя аудиторной работой.

Для оценки степени участия преподавателя в выполнении учебной работы используют коэффициент участия преподавателя в учебной работе кафедры ($К_{уч.у}$), определяемый по выражению

$$К_{уч.у\,ji} = \frac{УР^{*}_{п\,ji}}{УН^{*}_{п.ср\,j} \cdot к_{с\,ji}}, \qquad (2)$$

где $К_{уч.у\,ji}$ - коэффициент участия i-того преподавателя в учебной работе j-той кафедры;

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

приведенная учебная работа, выполненная i-тым преподавателем j-той кафедры в учебном году;

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

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

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

$УН^{*}_{п.ср\,j} = \dfrac{УР^{*}_{п\,j}}{N_{шт.к\,j}}$ средняя приведенная учебная нагрузка преподавателю j-той кафедры;

$$УР^{*}_{п\,j} = a \cdot ЛК_{j} + b \cdot ПЗ_{j} + c \cdot ЛБ_{j} + d \cdot КН_{j} + e \cdot ТК_{j} + f \cdot ЗЧ_{j} + g \cdot КП_{j} +$$
$$+ h \cdot КР_{j} + k \cdot ДЗ_{j} + m \cdot ИК_{j} + r \cdot ИГ_{j} + s \cdot ПР_{j} + t \cdot ДП_{j} + u \cdot АС_{j} +$$
$$v \cdot РК_{j} + w \cdot ВЭ_{j} + x \cdot ПК_{j} + y \cdot ЗД_{j} + z \cdot ОП_{j};$$
$$ЛК_{j}, ПЗ_{j}, ЛБ_{j}, КН_{j}, ТК_{j}, ЗЧ_{j}, КП_{j}, КР_{j}, ДЗ_{j}, ИК_{j}, ИГ_{j}, ПР_{j}, ДП_{j}, АС_{j},$$

$РК_{j}, ВЭ_{j}, ПК_{j}, ЗД_{j}, ОП_{j}$ - общее число часов по соответствующм видам учебной работы, выполненной j-той кафедрой в учебном году (без учета почасового фонда), а именно: по лекциям, практическим и семинарским занятиям, лабораторным занятиям, текущим консультациям, текущему контролю, зачету, курсовому проекту, курсовой работе, другим индивидуальным заданиям, итоговому контролю, итоговому экзамену, руководству практикой, руководству дипломным проектированием, руководству аспирантами, руководству кафедрой, приему вступительных экзаменов в вуз, приему вступительных экзаменов в аспирантуру, приему защит диссертаций, оппонирование диссертаций;

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

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

Если в результате расчета $К_{уч.у}$ по выражению (2) получили $К_{уч.у} \geq 1$, то это свидетельствует об оптимальной загрузке преподавателя учебной работой.

Для оценки степени участия преподавателя в выполнении учебно-методической (УМР), научно-методической (НМР), научно-исследовательской (НИР), организационно-методической (ОМР) и внеучебной (ВУР) работ

используют коэффициент участия i-того преподавателя в методической работе j-той кафедры ($К_{уч.м\,ji}$), определяемый по выражению

$$К_{уч.м\ ji} = \frac{k_{ум} \cdot УМР_{ji} + k_{нм} \cdot НМР_{ji} + k_{ни} \cdot НИР_{ji} + k_{ом} \cdot ОМР_{ji} + k_{ву} \cdot ВУР_{ji}}{6 \cdot к_{с\,ji} \cdot РД - УН_{ji}}, \quad (3)$$

где $УМР_{ji}, НМР_{ji}, НИР_{ji}, ОМР_{ji}, ВУР_{ji}$ - число часов, реально затраченных i-тым преподавателем j-той кафедры в учебном году на выполнение учебно-методической, научно-методической, научно-исследовательской, организационно-методической и внеучебной работ в соответствии с нормами времени для расчета второй половины рабочего дня профессорско-преподавательского состава;

РД – число рабочих дней в году для преподавателя;

$$УН_{ji} = ЛК_{ji} + ПЗ_{ji} + ЛБ_{ji} + КН_{ji} + ТК_{ji} + ЗЧ_{ji} + КП_{ji} + КР_{ji} + ДЗ_{ji} + ИК_{ji} + ИГ_{ji} + ПР_{ji} + ДП_{ji} + АС_{ji} + РК_{ji} + ВЭ_{ji} + ПК_{ji} + ЗД_{ji} + ОП_{ji}$$

- реальная учебная нагрузка i-того преподавателя j-той кафедры в учебном году;

$k_{ум}, k_{нм}, k_{ни}, k_{ом}, k_{ву}$ - коэффициенты напряженности труда соответствующих видов плановой работы преподавателя: учебно-методической, научно-методической, научно-исследовательской, организационно-методической и внеучебной, они устанавливаются решением ученого совета вуза (необходимо, чтобы: $k_{ум} + k_{нм} + k_{ни} + k_{ом} + k_{ву} = 5$).

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

$$R_{п\,ji} = k_у \cdot К_{уч.у\,ji} + k_м \cdot К_{уч.м\,ji}, \quad (4)$$

где $k_у$ – коэффициент весомости учебной работы (величину коэффициента устанавливает ученый совет вуза так, чтобы $k_у + k_м = 1$);

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

$К_{уч.у\,ji}$ – коэффициент участия i-того преподавателя в учебной работе j-той кафедры;

$К_{уч.м\,ji}$ – коэффициент участия i-того преподавателя в методической работе j-той кафедры.

Если в результате расчета рейтинга участия преподавателя в плановой работе кафедры по выражению (4) получили $R_{п\,ji} \geq 1$, то это свидетельствует о полном выполнении преподавателем индивидуального плана работы.

Рейтинг участия i-того преподавателя в работе j-той кафедры с учетом качества изданных учебников и учебных пособий

$$R^{к}_{п\,ji} = k_{у} \cdot К_{уч.у\,ji} + k_{м} \cdot (К_{уч.м\,ji} + К_{уч.п\,ji}), \qquad (5)$$

где $К_{уч.п\,ji} = \dfrac{НМР_{у\,ji}}{6 \cdot к_{с\,ji} \cdot РД - УН_{ji}}$ – коэффициент участия i-того преподавателя j-той кафедры в подготовке и издании учебников и учебных пособий с грифом Минобрнауки и УМО;

$НМР_{у\,ji}$ – число часов научно-методической работы, затраченной i-тым преподавателем j-той кафедры в соответствии с нормами времени расчета второй половины дня профессорско-преподавательского состава на написание и издание учебников и учебных пособий с грифами Минобрнауки и УМО.

С целью повышения творческой активности преподавателей осуществляют ранжирование преподавателей кафедры по величине $R^{к}_{п}$ в рамках следующих должностей: преподаватель, доцент, профессор.

Для ранжирования преподавателей в рамках факультета по величине рейтинговой оценки определяют коэффициент участия преподавателя в плановой учебной работе факультета ($К^{ф}_{уч.у}$) по выражению

$$К^{ф}_{уч.у\,ki} = \frac{УР^{*}_{п\,ki}}{УН^{ф}_{п.ср\,k} \cdot к_{с\,ki}}, \qquad (6)$$

где $К^{ф}_{уч.у\,ki}$ – коэффициент участия i-того преподавателя в учебной работе k-того факультета;

$УР^{*}_{п\,ki} = \sum_{j=1}^{n^{ф}_{k}} УР^{*}_{п\,ji}$ – приведенная учебная работа, выполненная i-тым преподавателем k-того факультета на этом факультете;

$УН^{ф}_{п.ср\,k} = \dfrac{УР^{*}_{п\,k}}{N_{шт.ф\,k}}$ – средняя приведенная учебная нагрузка преподавателю k-того факультета;

$$УР^{*}_{пk} = a \cdot ЛК_k + b \cdot ПЗ_k + c \cdot ЛБ_k + d \cdot КН_k + e \cdot ТК_k + f \cdot ЗЧ_k +$$
$$+ g \cdot КП_k + h \cdot КР_k + k \cdot ДЗ_k + m \cdot ИК_k + r \cdot ИГ_k + s \cdot ПР_k +$$
$$+ t \cdot ДП_k + u \cdot АС_k + v \cdot РК_k + w \cdot ВЭ_k + x \cdot ПК_k + y \cdot ЗД_k +$$
$+ z \cdot$ – приведенный объем учебной работы, выполненнойk-тым факультетом в учебном году;

$ЛК_k, ПЗ_k, ЛЛ_k, КН_k, ТК_k, ЗЧ_k, КП_k, КР_k, ДЗ_k, ИК_k, ИГ_k, ПР_k,$
$ДП_k, АС_k, РК_k, ВЭ_k, ПК_k, ЗД_k, ОП_k$ – число часов по соответствующим видам учебной работы, выполненной k-тым факультетом в учебном году;

$N_{шт.ф\,k}$ – количество штатных единиц профессорско-преподавательского состава кафедр k-того факультета;

$к_{c\,ki} = \sum_{j=1}^{n_k^ф} к_{c\,kji}$ – годовая нагрузка i-того преподавателя k-того факультета в ставках;

$к_{c\,kji}$ – годовая нагрузка i-того преподавателя j-той кафедры k-того факультета в ставках;

$n_{фk}$ – число кафедр k-того факультета.

Рейтинг участия i-того преподавателя в плановой работе k-того факультета с учетом качества изданных учебников и учебных пособий

$$R^{ф}_{п\,ki} = k_у \cdot К^{ф}_{уч.у\,ki} + k_м \left(К^{ф}_{уч.м\,ki} + К^{ф}_{уч.п\,ki}\right), \qquad (7)$$

где $К^{ф}_{уч.м\,ki} = \frac{1}{к_{c\,ki}} \sum_{j=1}^{n_k^ф} \left(К_{уч.м\,ji} \cdot к_{c\,ji}\right)$ – коэффициент участия i-того преподавателя k-того факультета в методической работе факультета;

$К^{ф}_{уч.п\,ki} = \frac{1}{к_{c\,ki}} \sum_{j=1}^{n_k^ф} \left(К_{уч.п\,ji} \cdot к_{c\,ji}\right)$ – коэффициент участия i-того преподавателя k-того факультета в подготовке и издании учебников и учебных пособий с грифом Минобрнауки и УМО;

По величине $R^{ф}_{п\,ki}$ в рамках факультета осуществляют ранжирование преподавателей в соответствующих должностях научно-педагогических работников.

Рейтинг j-той кафедры по планируемым видам работы: учебной, учебно-методической, научно-методической, научно-исследовательской, организационно-методической и внеучебной, определяют по выражению

$$R_{kj} = \frac{1}{N_{шт.kj}} \sum_{i=1}^{N_{kj}} \left(R^{ф}_{п\,ki} \cdot к_{с\,ji} \right), \qquad (8)$$

где N_{kj} – число преподавателей j-той кафедры k-того факультета;

$N_{шт.\,kj}$ – число штатных единиц профессорско-преподавательского состава j-той кафедры k-того факультета;

$R^{ф}_{п\,ki}$ – рейтинг участия i-того преподавателя k-того факультета в работе факультета.

Если в результате расчета рейтинга кафедры (R_{kj}) по выражению (8) получили $R_{kj} \geq 1$, то это свидетельствует о том, что кафедра в полном объеме выполнила свою плановую работу.

Для учета особенностей деятельности различных научно-педагогических коллективов при анализе рейтингов кафедр все кафедры вуза делят на две группы: выпускающие и общевузовские. Кафедры ранжируют в рамках факультета по величине рейтинга (R_{kj}) в своих группах.

Рейтинг факультета по планируемым видам работы определяют по выражению

$$R_{ф\,k} = \frac{1}{N_{шт.ф\,k}} \sum_{i=1}^{N_{ф\,k}} \left(R_{уп\,i} \cdot к_{с\,ki} \right), \qquad (9)$$

где $R_{ф\,k}$ – рейтинг k-того факультета по планируемым видам работы;

$N_{ф\,k}$ – число преподавателей k-того факультета;

$N_{шт.ф\,k}$ – число штатных единиц профессорско-преподавательского состава кафедр k-того факультета;

$R_{уп\,i} = к_{у} \cdot К^{у}_{уч.уi} + к_{м} \left(К^{у}_{уч.мi} + К^{у}_{уч.пi} \right)$ – рейтинг участия i-того преподавателя в работе вуза с учетом качества изданных учебников и учебных пособий;

$К^{у}_{уч.уi} = \dfrac{УР^{*}_{п\,i}}{УН^{у}_{п.ср} \cdot к_{у\,i}}$ – коэффициент участия i-того преподавателя в учебной работе вуза;

$УР^{*}_{п\,i} = \sum_{j=1}^{n_{к}} УР^{*}_{п\,ji}$ – приведенная учебная работа, выполненная i-тым преподавателем вуза;

$\text{к}_{\text{су}\,i} = \sum_{j=1}^{n_к} \text{к}_{\text{с}\,ji}$ – годовая суммарная по вузу нагрузка i-того преподавателя в ставках;

$n_к$ – число кафедр вуза;

$\text{УН}^{\text{у}}_{\text{п.ср}} = \dfrac{\text{УР}^*_{\text{п}}}{N_{\text{шт.у}}}$ – средняя приведенная учебная нагрузка преподавателю вуза;

$\text{УР}^*_{\text{п}} = \sum_{j=1}^{n_к} \text{УР}^*_{\text{п}\,j}$ – приведенный объем учебной работы, выполненной вузом в учебном году;

$N_{\text{шт.у}}$ – количество штатных единиц профессорско-преподавательского состава вуза;

$\text{К}^{\text{у}}_{\text{уч.м}i} = \dfrac{1}{\text{к}_{\text{су}\,i}} \cdot \sum_{j=1}^{n_к} \left(\text{К}_{\text{уч.м}\,ji} \cdot \text{к}_{\text{с}\,ji}\right)$ – коэффициент участия i-того преподавателя в методической работе вуза;

$\text{К}^{\text{у}}_{\text{уч.п}i} = \dfrac{1}{\text{к}_{\text{су}\,i}} \cdot \sum_{j=1}^{n_к} \left(\text{К}_{\text{уч.п}ji} \cdot \text{к}_{\text{с}\,ji}\right)$ – коэффициент участия i-того преподавателя в подготовке и издании учебников и учебных пособий с грифом Минобрнауки и УМО.

Если в результате расчета рейтинга факультета ($R_{\text{ф}\,k}$) по выражению (9) получили $R_{\text{ф}\,k} \geq 1$, то это свидетельствует о том, что факультет в полном объеме выполнил свою плановую работу.

Рейтинг вуза по планируемым видам работы определяют по выражению

$$R_{\text{в}} = \frac{1}{N_{\text{шт.у}}} \cdot \sum_{i=1}^{N_{\text{у}}} \left(R_{\text{уп}i} \cdot \text{к}_{\text{су}\,i}\right), \qquad (10)$$

где $N_{\text{у}}$ – число преподавателей вуза.

Если в результате расчета выражения (10) получили $R_{\text{в}} \geq 1$, то это свидетельствует о том, что вуз в полном объеме выполнил плановую работу.

Список литературы

1. Огорелков,Б.И. Планирование и нормирование научно-педагогического труда преподавателей вуза: учебное пособие /Б.И.Огорелков, В.П.Ерунов. – Оренбург: ОГУ, 2000. -47 с.ISBN 5-7410-0613-2

2. Верещагин, Ю.Ф. Рейтинговая система оценки знаний студентов, деятельности преподавателей и подразделений вуза: учебное пособие / Ю.Ф. Верещагин, В.П. Ерунов. – Оренбург: РИК ГОУ ОГУ, 2004. – 105 с.

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

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ 6-10 КВ

Влацкая Л.А., канд. техн. наук, доцент, Капатурин Д.С.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Одна из основных тенденций развития электроэнергетических систем (ЭЭС)в настоящее время –их интеллектуализация. «Внедрение интеллектуальных систем управления электросетевым хозяйством на базе цифровых технологий» – один из пунктов Указа Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 года № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».

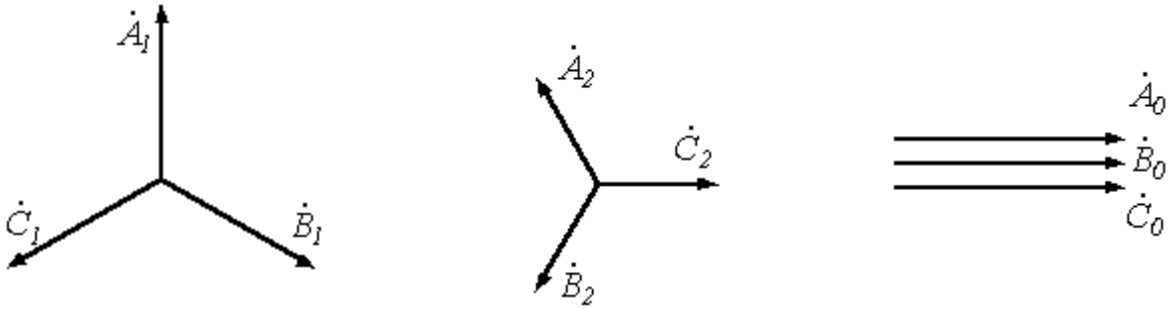
К настоящему времени цифровизация и интеллектуализация сетей осуществляется не только на уровне высоковольтных электрических сетей, в которых задачи мониторинга и управления технологическими процессами решаются уже достаточно давно, но и на уровне распределительных сетей 6-10 кВ. С внедрением распределенной генерации и технологий интеллектуальных сетей, с одной стороны, усложнились режимы работы этих сетей, в том числе и линий электропередач, а с другой, появились возможности по управлению и оптимизации режимов их работы. Это в свою очередь требует создания математических и имитационных моделей, которые будут адекватно оценивать и описывать поведение системы в различных режимах ее работы.

Для воздушных линий электропередач (ВЛЭП) 6-10 кВ, которые составляют основу распределительных электрических сетей, разработка математических моделей режимов их функционирования, как в нормальном, так и в аварийных режимах является актуальной задачей.

В данной статье представлено сравнение наиболее распространенных методов расчета и анализа аварийных режимов воздушных линий электропередач: метод симметричных составляющих; метод моделирования в фазных координатах; метод эквивалентных ЭДС; имитационное моделирование.

Метод симметричных составляющих(*МСС*)[1]бесспорно можно назвать основополагающим для расчета несимметричных и аварийных режимов работы электроэнергетических систем. Метод эффективен для расчета однофазных замыканий на землю, междуфазных (в том числе двухфазных на землю), а также трехфазных КЗ.

Сущность метода состоит в рассмотрениинесимметричной трехфазной системы токов, напряжений или ЭДС как совокупность трех симметричных систем: прямой, обратной и нулевой последовательностей. Указанные компоненты позволяют проводить простой анализ и расчет режимов работы электроэнергетических систем при возникновении различных видов неисправностей.



а) б) в)

Рисунок 1 – Векторные диаграммы прямой (а), обратной (б), нулевой (в) последовательностей

Любая несимметричная система однозначно раскладывается на симметричные составляющие:

$$\dot{A} = \dot{A}_1 + \dot{A}_2 + \dot{A}_0$$

$$\dot{B} = \dot{B}_1 + \dot{B}_2 + \dot{B}_0 = a^2\dot{A}_1 + a\dot{A}_2 + \dot{A}_0$$

$$\dot{C} = \dot{C}_1 + \dot{C}_2 + \dot{C}_0 = a^2\dot{A}_2 + a\dot{A}_1 + \dot{A}_0$$

где a– оператор поворота $a = e^{\frac{j\cdot 2\pi}{3}}$.

Расчет параметров режимаосуществляется в каждой из последовательностей. Для получения результирующих параметров несимметричного режима, необходимосложить найденнуюсистему векторов(рисунок 2).

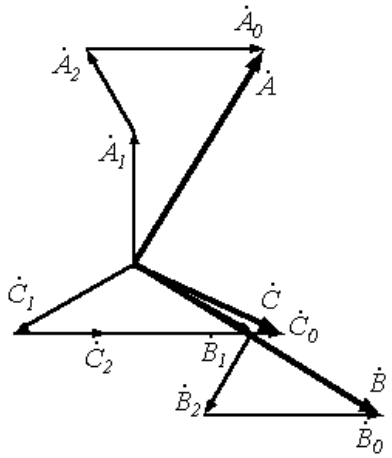


Рисунок 2 – Несимметричная система векторов

Следует отметить, что симметричные составляющие могут быть получены не только расчетным путем, но и посредством измерений специальными фильтрами симметричных составляющих, используемых в устройствах релейной защиты и автоматики (РЗиА).

К недостаткам метода следует отнести отсутствие возможности учета пофазнойнесимметрии элементов сети. Указанный недостаток может быть нивелирован использованием в расчетах *метода фазных координат*(*МФК*) [5, 6].

С колоссальным ростом вычислительной мощности в последние десятилетия моделирование и расчет электроэнергетических систем в фазовых координатах становится все более популярным и приобретает практическую значимость.Большое количество работ посвящено моделированию отдельных элементов сети в фазных координатах, таких как трансформаторы, синхронные двигатели и генераторы.С применением метода фазных координат могут быть исследованы неисправности, возникающие в ЭЭС, в том числе многофазные несимметрии, учтены электромагнитные влияния смежных линий и т.п.[7].

Одно из преимуществ*МФК* – быстродействие программно реализованного алгоритма расчета. Программный расчет матричных уравнений, составленных для различных режимов работы, позволяет проанализировать работу релейной защиты в этих режимах.

Отсутствие искусственных допущений в *МФК* значительно упрощает расчет электроэнергетических систем, позволяет моделировать различные типы и конфигурации электрических сетей.

С применением *МФК* трехфазная линия электропередач может быть смоделирована как трехлинейная сеть или же как эквивалентная однолинейная. В первом случае каждый трехфазный элемент задается многофазными связанными комплексными сопротивлениями или проводимостями. При таком подходе количество узлов сети увеличивается в три раза по сравнению с однолинейной. Во втором случае трехфазная линия электропередач рассматривается как эквивалентная однолинейная, где каждый компонент представляется связанной матрицей сопротивлений и проводимостей, что немного упрощает расчеты.

Недостатки моделирования электрической сети в фазных координатах связаны с особенностями применяемых методов расчета ее режима: узловых напряжений или контурных токов. Для исключения неполной заполненности матрицы узловых проводимостей, при наличии ветвей с нулевым сопротивлением, их необходимо заменить ветвью с малым сопротивлением, что приведет к погрешности в расчете. Наличие обрыва в сети также приведет к погрешностям[7].

Устранить указанные недостатки можно, используя схему замещения, являющуюся комбинацией трехлинейной и однолинейной схем. При этом участки, для которых важен учет пофазной несимметрии, моделируются в фазных координатах, а остальная часть схемы – с использованием метода симметричных составляющих. Комбинированный подход рекомендуется использовать для моделирования линий электропередач напряжением 110 кВи 220 кВ.

Метод эквивалентных ЭДС[3]используется для расчета токов трехфазного короткого замыкания (КЗ) и токов прямой последовательности несимметричных КЗ. Он состоит из следующих этапов:

– составляется схема замещения сверхпереходного режима КЗ. Элементы системы электроснабжения, связывающие источники электроэнергии с местом КЗ (линии, трансформаторы, реакторы), вводятся в схему замещения сопротивлениями, а источники электроэнергии, оказывающие влияние на ток КЗ (генераторы, компенсаторы, синхронные и асинхронные двигатели) – сопротивлениями и ЭДС;

– сопротивления и ЭДС схемы замещения приводятся к одной ступени напряжения и к одинаковым базисным условиям;

– схема замещения преобразуется до простейшего вида;

– определяется сверхпереходный ток в месте короткого замыкания;

–найденный ток распределяется по ветвям схемы и определяются остаточные напряжения в местах подключения нагрузок.

Ограниченное применение *МЭЭ* связано с тем, что данный метод позволяет определить ток короткого замыкания преимущественно в начальный (t=0) и конечный (t=∞)моменты времени переходного процесса. Причиной этого является сложность определения параметров генераторов для промежуточных моментов времени.

Имитационное моделирование(*ИМ*) – метод исследования, при котором изучаемая система заменяется моделью, на которой проводятся эксперименты с целью получения информации об этой системе.

Имитационное моделирование применяют для исследования технических систем, которые описываются системой интегрально-дифференциальных уравнений и/или могут быть реализованы методами структурного моделирования. Помимо этого *ИМ* применяется для разработки алгоритмов управления объектами и их последующей отладки на модели. Например, *ИМ* может быть использовано для детального исследования и анализа работы устройств релейной защиты и автоматики в линиях электропередач с одновременным выбором параметров настройки (уставок) и моделированием алгоритмов функционирования РЗиА, с целью повышения эффективности их работы.

В настоящее время разработано большое количество платформ для реализации имитационных моделей, например, MatLabSimulink, которая является наиболее распространенной в мире. Однако, в последние годы в России набирает популярность аналог, разработанный в МГТУ им. Баумана Н.Э. под названием SimInTech.Для последней созданы и продолжают разрабатываться модули расширения, позволяющие осуществлять построение моделей на базе специализированных расчетных кодов, с последующей их интеграциейв комплексные модели и проекты.

В таблице 1 представлен сравнительный анализ рассмотренных методов.

Таблица 1 – Обзорная таблица рассмотренных методов расчета и анализа аварийных режимов воздушных линий электропередач

Методы расчета и анализа	**Достоинства**	**Недостатки**
Метод симметричных составляющих	Широкое использование при исследовании несимметричной работы ВЛЭП.	Отсутствие возможности учета пофазной несимметрии элементов сети.
Метод моделирования в фазных координатах	1. Высокая скорость алгоритма расчета при программной реализации. 2. Упрощение расчета ввиду отсутствия искусственных допущений.	1. Сложная математическая реализация. 2. Возникновение погрешностей, связанных с особенностями методов расчета. 3. Ограниченное использование для сетей 6-10 кВ.
Метод эквивалентных ЭДС	Относительно высокая точность и простота расчета.	Ограниченное применение в виду определения токов КЗ в определенные моменты времени (t=0 и t=∞).
Имитационное моделирование	Наглядность модели, которую можно создать средствами Simulink или SimInTech.	Необходимдостаточно высокий уровень знаний приработе с системойMathLAB или SimInTech.

Выполненный системный анализ методов расчета и анализа аварийных режимов воздушных линий электропередач позволил сделать вывод, что, несмотря на сложность математической реализации,метод симметричных составляющих является основополагающим при расчете несимметричных режимов работы и именно указанный метод планируется использовать в дальнейшем исследовании.

Список литературы

1. Ионкин, П. А. Теоретические основы электротехники. Т.1. Основы теории линейных цепей. Учебник для электротехн. Вузов / П.А.Ионкин. – М. : «Высш. школа», 1976. – 544 с.

2. Теоретические основы электротехники: В 3-х т. Учебник для вузов. Том 2. – 4-е изд. / К.С. Демирчян [и др.]. – СПб.: Питер, 2003. – 576 с.

3. Ульянов, С.А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах / С.А. Ульянов. – М.: Энергия, 1970. – 519 с.

4. Мельников, Н.А. Матричный метод анализа электрических сетей / Н.А. Мельников. – М.: Энергия, 1972.

5. Заславская, Т.Б. Алгоритм расчета в фазных координатах сети большого объема / Т.Б. Заславская // Труды Сиб.НИИЭ. – 1972. – Вып. 23. – С. 66-74.

6. Якимчук, Н.Н. Применение метода фазных координат для анализа несимметричных режимов электроэнергетических систем:автореф. дис. канд. техн. наук. / Н.Н. Якимчук. – СПб.: СПбГТУ, 2000.– 24 с.

7. Панова Е.А. Применение метода фазных координат для моделирования линий электропередачи систем промышленного электроснабжения/Е.А.Панова, А.А. Крюкова //Электротехнические системы и комплексы. – 2017. – №3(36) – С. 29-34.

АНАЛИЗ СПОСОБОВ АВТОМАТИЗАЦИИ СОЗДАНИЯ ГИС ОБЪЕКТОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ С ПОМОЩЬЮ БПЛА

Кибец А.С.; Валиуллин К. Р., канд. техн. наук.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Аннотация. Статья посвящена анализу научно-технической литературы по теме автоматизации создания геоинформационной системы (ГИС) объектов электроэнергетики с помощью БПЛА. Производится обзор существующих на сегодняшний день решений, анализ их достоинств и недостатков. Также рассматриваются требования, предъявляемые к системам автоматизированного проектирования ГИС объектов электроэнергетики.

Ключевые слова: ГИС, электроэнергетика, воздушные ЛЭП, БПЛА, системы проектирования ГИС.

Геоинформационная система — это система сбора, хранения, анализа и графической визуализации географических данных и связанной с ними информации об объектах. ГИС используются в комплексах геодезических расчетов, системах моделирования гидрологических условий местности, а также для решения агрономических, картографических и градостроительных задач[1].

В электроэнергетике, в связи с ростом протяженности воздушных линий электропередачи (ВЛЭП) [2], а также появлением устройств автоматизированной диагностики этих линий [3], ГИС могли бы упростить процессы проектирования ВЛЭП, их диагностики и эксплуатации. Данные системы позволят более наглядно представлять информацию как о положении имеющихся трасс ВЛЭП в целях упрощения проектирования, так и ключевую информацию о состоянии этих ВЛЭП, получаемую при помощи комплексов автоматизированной диагностики. Принимая во внимание ранее описанные преимущества, видна актуальность использования такой системы в отрасли электроэнергетики.

Однако стоит заметить, что ГИС объектов электроэнергетического хозяйства не нашли широкого применения в настоящее время. Причиной низкого уровня внедрения ГИС в электроэнергетику является низкий уровень цифровизации [2] и отсутствие инструментов создания подобных систем.

В работах, посвященных ГИС объектов электроэнергетики производится поверхностный обзор требований, которые могут быть предъявлены к такой ГИС [4], а также ведется описание её потенциальных возможностей [5], однако при этом не рассматривается возможность самостоятельного проектирования ГИС ввиду дороговизны и сложности [5]. В связи с этим необходимо рассмотреть возможность создания системы проектирования ГИС на основе библиотек с открытым исходным кодом.

На сегодняшний день существует несколько ГИС объектов электроэнергетики, к которым имеется открытый доступ. Первым рассматриваемым сервисом является «Схема электроснабжения РФ» проекта frexosm [6]. Данный проект основывается на картах, создаваемых членами сообщества OpenStreetMap, которое предоставляет возможность бесплатного просмотра, скачивания и редактирования картографических данных [7]. Недостатком использования данного сервиса является то, что он не принадлежит ни одной из электросетевых компаний Российской Федерации, поэтому для передачи информации о расположении и типе объектов электроэнергетики понадобится получение соответствующих разрешений для каждого из наносимых объектовчто будет являться значительным усложнением и замедлением работы системы.

Следующим сервисом является карта линий электропередачи, подстанций и генерирующего оборудования от европейской сети системных операторов энергетических систем [8] «ENTSO-E Transmission System Map» [9]. Данный сервис основывается на картографических данных, поставляемых крупными системными операторами западной и восточной части Европы [10]. Из этого вытекает главный недостаток данной системы – для передачи данных между российскими энергетическими компаниями и сетью иностранных системных операторов (в целях использования общей карты) будет необходимо предоставление данных о каждом объекте в обозначенной форме, а также согласование большого числа специальных разрешений для каждого из наносимых объектов, что также будет являться значительным усложнением и замедлением работы системы (в соответствие с перечнем информации, подлежащей раскрытию, третьим лицам известна только длина линий [11]).

Также стоит отметить текущую стратегию правительства Российской Федерации по импортозамещению [12], что, несомненно, будет являться препятствием использования иностранных ГИС. Последним сервисом, предоставляющим услуги ГИС объектов электроэнергетики является «карта электросетей ПАО «Россети»» [13]. ПАО «Россети» предпринимало попытки создания подобного сервиса, однако в данный момент разработка не доведена до конца.

Краткий анализ сервисов, описанных выше, наряду с их достоинствами и недостатками сводится в таблицу.

Таблица 1 – анализ существующих систем

Существующие ГИС	Достоинства	Недостатки	Разработчик
«Схема электроснабжения РФ» frexosm	Самая полная база данных объектов электроэнергетики России, все данные находятся в открытом доступе	Разработка ведется пользователями проекта, ограниченная документация	Пользователи проекта (открытый доступ)

Существующие ГИС	Достоинства	Недостатки	Разработчик
Карта электросетей ПАО Россети	Разработка ведется компанией, владеющей электрическими сетями	По состоянию на 2021 год сервис не работает	ПАО Россети
Проект ENTSO-E	Самая полная база данных объектов электроэнергетики Европы, все данные находятся в открытом доступе	Необходимость предоставления информации иностранной компании для нанесения на карту	Европейская сеть системных операторов передачи электроэнергии

Из данных, представленных в таблице 1 видно, что каждая из существующих ГИС объектов электроэнергетики имеет существенные недостатки, затрудняющие использование и обновление этих ГИС. Ввиду того, что создание, использование и обновление ГИС достаточно трудоемко, разработка инструмента проектирования таких ГИС могла бы решить данную проблему. Рассмотрим имеющиеся системы создания ГИС общего назначения в целях доработки и использования в качестве ГИС объектов электроэнергетики.

Первой рассматриваемой системой проектирования ГИС является YandexMapsAPI[14]. Данная система имеет мощное ядро и большой объем документации, однако бесплатную версию API нельзя использовать для мониторинга и диспетчеризации, API должен использоваться только в проектах с открытым доступом, а также API нельзя использовать в коммерческих проектах. Следующей системой является Google Maps API[15]. Эта система сопоставима по удобству и мощности с YandexMaps, однако, согласно правилам проекта, запрещена какая-либо модификация картографических данных сторонними лицами, а для использования продукта требуется наличие лицензии. Одной из систем проектирования также является российская разработка Панорама x64 v14 [16], являющаяся профессиональной системой для расчетов, моделирования и обработки результатов. Однако недостатками данной системы являются отсутствие бесплатного аналога, высокие цены лицензии программы-клиента и программного обеспечения картографических серверов, сложность модификации ввиду необходимости покупки лицензии на редактор карт, ограниченная документация.

Главным общим недостатком всех рассмотренных ранее систем является отсутствие открытого исходного кода, что в значительной мере препятствует разработке. В связи с этим рассмотрим системы проектирования ГИС, имеющие открытый исходный код, и имеющие возможность беспрепятственной модификации и использования в собственных целях, не ограниченных строгими правилами использования. Первой системой является

Tabby'sEasyMap[17], расположенная в открытом доступе, и позволяющая модифицировать исходный код для использования в собственных целях. Главным недостатком является использование низкоуровневого языка программирования C++, имеющего сложный синтаксис, и требующего специальной среды разработки. Далее представлена система Quantum GIS [18], имеющая мощное ядро и допускающая изменение и доработку. Главным недостатком данной системы является использование низкоуровневого языка программирования C++. Следующей системой является ArcGIS [19], которая разрабатывалась для использования в профессиональных целях, как и семейство ГИС Панорама x64 v14. Главным преимуществом данной системы является наличие бесплатной пробной версии, имеющей ограничение на число геофотоснимков (не более 2 миллионов изображений), что не будет являться проблемой в дальнейшем ввиду того, что данный лимит не будет достигнут в целях исследования работы с данной системой. Также преимуществом является разработка на высокоуровневом языке Python. Данный язык программирования прост в понимании, имеет упрощенный синтаксис, не требует специальной среды разработки, однако имеет сниженную по сравнению с низкоуровневыми языками производительность. Последней системой с открытым исходным кодом является Geopandas [20]. Данная система имеет все те же преимущества, что и система ArcGis, однако данная система не имеет ограничений по числу геофотоснимков. Главным недостатком данной системы является ограниченность документации.

Для наглядности, системы, описанные выше, наряду с их достоинствами и недостатками сводятся в таблицу.

Таблица 2 – достоинства и недостатки существующих систем

Существующие системы создания ГИС	Достоинства	Недостатки
Yandex MapsAPI	–разрабатывается крупной российской компанией; – частые обновления библиотек; – простой доступ к документации; – мощное ядро; – есть пробная бесплатная версия;	– бесплатную версию API нельзя использовать для мониторинга и диспетчеризации; – API должен использоваться только в проектах с открытым доступом; – нельзя использовать API в коммерческих проектах; – данные, полученные средствами API, должны быть показаны на карте Яндекса; – ограниченный суточный лимит запросов к API; – закрытый исходный код;
Google Maps API	– частые обновления библиотек;	– разрабатывается зарубежной компанией;

Существующие системы создания ГИС	Достоинства	Недостатки
	– простой доступ к документации; – мощное ядро; – есть пробная бесплатная версия;	– запрещена какая-либо модификация; – для использования продукта требуется наличие лицензии; – запрещено скачивание и обработка картографических или иных данных, предоставляемых сервисом; – закрытый исходный код;
Панорама x64v14	– разрабатывается российской компанией; – является профессиональной системой; – имеет техническую поддержку; – содержит большое число комплексов для расчетов, моделирований и обработки результатов;	–не имеет бесплатного аналога; – цены лицензии программы-клиента порядка сотен тысяч рублей; – программное обеспечение картографических серверов дороже программ-клиентов в несколько раз; – сложность модификации ввиду необходимости покупки лицензии на редактор карт; – ограниченная документация, закрытый исходный код;
Tabby's EasyMap	– имеет открытый исходный код; – допускает изменение и использование для заработка;	– использует низкоуровневый язык C++; – разработка проекта прекращена около 4 лет назад; – отсутствует документация по разработке;
Quantum GIS	– имеет открытый исходный код; – допускает изменение и использование для заработка;	– использует низкоуровневый язык C++; – требует большого числа зависимых библиотек;
ArcGIS	– разрабатывается крупной компанией; –гибкая профессиональная система; – большой объем документации; – есть пробная бесплатная версия; – разрабатывается на высокоуровневом	– разрабатывается зарубежной компанией; – стоимость лицензии зависит от размера карт при превышении лимита в 2 миллиона изображений;

Существующие системы создания ГИС	Достоинства	Недостатки
	языке Python	
Geopandas	– имеет открытый исходный код; – допускает изменение и использование для заработка; – разрабатывается на высокоуровневом языке Python;	– ограниченная документация;

В настоящее время создание ГИС объектов электроэнергетики является актуальной задачей, однако модификация готовых решений не всегда осуществима ввиду использования ими закрытого исходного кода. Также разработка затрудняется необходимостью приобретения лицензий на некоторые виды программного обеспечения, которое может оказаться неэффективным при решении поставленных задач. Эти недостатки указывают на необходимость разработки системы проектирования ГИС объектов электроэнергетики, которые основываются на проектах, использующих открытый исходный код и допускающих его использование и изменение.

Список литературы

1. Статья «Геоинформационнаясистема» интернет-сайта «Википедия» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Геоинформационная_система. – 10.12.2021.

2. Годовой отчет за 2020 год ПАО «Россети» «Цифровая экосистема для новой экономики» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.rustocks.com/put.phtml/MRKH_2020_RUS.pdf. – 10.12.2021.

3. Разработка беспилотного летательного аппарата (БПЛА) для автоматической диагностики воздушных линий электропередачи : статья в сборнике трудов всероссийской научной конференции"цифровая трансформация в энергетике" / А. С. Кибец, Я. С. Путинин, А. А. Косенко, Р. Р. Темиргалиев; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2020. – с. 159-163 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42566535. – 10.12.2021.

4. Салимзянов,И. Ф.Обзор применения ГИС для решения задач в сфере энергетики : статья в сборнике статей / И. Ф.Салимзянов, О.И. Христодуло; Уфимский гос. авиационный техн. ун-т. – Уфа: УГАТУ, 2014. – с. 99-104 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_26056357_18978249.pdf. – 10.12.2021.

5. Применение ГИС-технологий в электроэнергетических системах: статья в сборнике трудов Международной научно-практической конференции Геоинформатика-2000/ С.Г. Слюсаренко, К.И. Заподовников, С.А. Субботин, А.В. Скворцов; Томский политехнический ун-т., Томский гос. ун-т., НПО «Сибгеоинформатика» – Томск: ТПУ, ТГУ, 2000. – с. 234-236 [Электронный

ресурс]. – Режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_22426563_56566598.pdf. – 10.12.2021.
6. Страница «Схема электроснабжения РФ» интернет-сайта «frexosm.ru» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://frexosm.ru/power/#4/55/40. – 11.12.2021.
7. Статья «OpenStreetMap» интернет-сайта «Википедия» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/OpenStreetMap. – 11.12.2021.
8. Статья «ENTSO-E» интернет-сайта «Википедия» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/ENTSO-E. – 11.12.2021.
9. Страница «ENTSO-E Transmission System Map» интернет-сайта «ENTSO-E» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.entsoe.eu/data/map/. – 10.12.2021.
10. Страница «FullDetails» «ENTSO-E Transmission System Map» интернет-сайта «ENTSO-E» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://transmission-system-map.entsoe.eu/#details. – 10.12.2021.
11. Российская Федерация. Постановления. «Об утверждении стандартов раскрытия информации субъектами оптового и розничных рынков электрической энергии» от 21 января 2004 г. N 24 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.so-ups.ru/fileadmin/files/laws/regulations/reg24-210104.pdf. – 11.12.2021.
12. Российская Федерация. Постановления. «О создании правительственной комиссии по импортозамещению» от 4 августа 2015 года № 785[Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://government.ru/media/files/gP7IKCc3BsBTtEQuYjUxArQ28Dr3oyA3.pdf.
13. Страница «Карта электросетей» интернет-сайта «ПАО Россети Центр» [Электронный ресурс]. – Режим доступа:https://www.mrsk-1.ru/customers/services/tp/inter_map/region.php.
14. Страница «API Карт» интернет-сайта «Яндекс.Карты» [Электронный ресурс]. – Режим доступа:https://yandex.ru/dev/maps/.
15. Страница «API Google Карт» интернет-сайта «Google Карты» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://developers.google.com/maps/apis-by-platform?hl=ru.
16. Страница «Программные продукты» интернет-сайта «КБ Панорама» [Электронный ресурс]. – Режим доступа:https://gisinfo.ru/download/download.htm.
17. Страница «EasyMap_GIS» интернет-сайта «GitHub» [Электронный ресурс]. – Режим доступа:https://github.com/ZikenY/EasyMap_GIS.
18. Страница «QGIS» интернет-сайта «QGIS» [Электронный ресурс]. – Режим доступа:https://qgis.org/ru/site/
19. Страница «ArcGISOnline» интернет-сайта «ESRI» [Электронный ресурс]. – Режим доступа:https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-online/overview
20. Страница «Geopandas» интернет-сайта «Geopandas» [Электронный ресурс]. – Режим доступа:https://geopandas.org/en/stable/index.html.

МЕТОДОЛОГИЯ ДЕЛОВОЙ ИГРЫ КАК ИНСТРУМЕНТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ УЧЕБНО-ПРАКТИЧЕСКИХ НАВЫКОВ СТУДЕНТОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

Кильметьева О.И., Митрофанов С.В., канд. техн.наук., доцент Морозов В.А.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет», ООО «КЭС Оренбуржья»

Производственная деятельность в современной электроэнергетической отрасли имеет весьма многогранный и ответственный характер.Причем, это в равной мере относится к вопросам монтажа и эксплуатации электрооборудования систем электроснабжения. При этом, особый характер производства работ в условиях действующих электроустановок накладывает особые требования к организационным и техническим мероприятиям по обеспечению охраны труда и электробезопасности. Поэтому актуальной является задача поиска и применения в учебном процессе методологических принципов, позволяющих студентам реально ощутить специфику подготовки производства работ и гармонично соединить в своём понимании теоретические учебные знания с требованиями отраслевых директивных документов и промышленных регламентов, оценить себя в роли ответственных руководителей и производителей работ.

Для успешной трудовой деятельности студентам необходимо, ещё в стенах вуза, обрести навыки ведения служебной и оперативной документации производства работ на энергообъектах и уметь технически грамотно обосновывать не только свои действия, но и указания персоналу. Таким образом, целевой задачей является стремление выработать у будущего бакалавра-энергетика техническую компетентность и внутреннюю психологическую готовность руководить производством работ на энергообъектах и реально ощущать при этом необходимую меру ответственности за выполняемые им действия, как и за действия подчинённого персонала.

В исследованиях [1] указывается, что наиболее эффективным способом в подготовке современных выпускников вузов является деловая игра, которая позволяет соединить знания и умения, а также придать полученным знаниям реальную практическую основу. При этом, главной целью деловой игры является именно развитие у студентов профессиональной компетентности и формирование умений применять теоретические учебные знания в реальных практических ситуациях. Поэтому, именно разработка конкретных практических ситуаций реальной производственной деятельности является важнейшим моментом деловой игры.

Кроме того, при разработке сценария деловой игры учитывают ряд обстоятельств, которые определяют её внешний формат и смысловое содержание, в том числе:

- фактор времени (лимит и масштаб времени);
- система оценочных показателей;
- поставленная цель и конечный результат;
- методология проведения деловой игры, например ролевые игры и имитационные, которые наиболее полно отражают вопросы управления производственными процессами.

В деловой игре можно условно выделить определенную структуру, которая включает в себя имитационную и игровую модель. При этом, имитационная модель обычно рассматривается как выбранный фрагмент реальной действительности, представляя элементы профессиональной деятельности обучаемого, а игровая модель определяет для участников порядок игры. Поэтому, при определении конечных целей игры, учитываются конкретный характер производственной задачи, категория обучаемых, конечные результаты обучения и др.

Таким образом, деловая учебная игра служит методологическим «инструментом» развития теоретического и практического мышления студента – способностей к анализу сложных условий производства, постановке и решению новых для него профессиональных задач. Это достигается организацией взаимодействия участников игры с познаваемым содержанием профессиональной деятельности, заданных в игре конструктивно в виде системы проблемных заданий или производственных ситуаций [2].

Применение методологии деловой игры в учебных дисциплинах производственного направления, таких как «Электробезопасность», «Эксплуатация и монтаж систем электроснабжения» предполагает деление студентов на отдельные команды с назначением ролей соответствующих организационной структуре энергетического производства (ответственный руководитель работ, производитель работ, мастер, прораб участка и др.). При этом, для каждого ролевого назначения существуют производственные цели и должностные обязанности.

Для дисциплины «Электробезопасность» разработано программное обеспечение для ПЭВМ, которое позволяет моделировать оперативные переключения в электроустановках и проверять правильность выполнения необходимых организационных и технических мероприятий безопасного труда. Студенты могут реально оценить степень своей учебно-практической подготовки и технической компетенции для производства работ в действующих электроустановках.

Для дисциплины «Эксплуатация и монтаж систем электроснабжения» методология деловой игры реализована в процессе выполнения и защиты курсовых работ. В содержании каждой темы курсовой работы заложен полный производственный цикл работ, необходимых в процессе электромонтажа и эксплуатации электроустановок систем электроснабжения, начиная с

договорной документации и заканчивая сдачей законченного строительством объекта в промышленную эксплуатацию, а также комплекс работ, необходимых в эксплуатации энергообъектов.

Учебно-практические вопросы для выполнения курсовых работ по темам заданий №№ 1 – 26 (монтаж)

1. Подготовка к производству электромонтажных работ (ЭМР).
2. Проработка технической документации (договор, проект, сметы).
3. Проект производства работ (ППР) и календарный план работ.
4. Типовые технологические карты (ТТК) на отдельные электромонтажные операции.
5. Порядок выполнения ЭМР.
6. Инструменты и механизмы.
7. Исполнительная документация (оформление на объекте)
8. Пусконаладочные работы (ПНР) и проведение испытаний и измерений.
9. Оформление документации ПНР.
10. Приёмо-сдаточные испытания.
11. Нормативная база (документация).
12. Обеспечение охраны труда и техники безопасности при производстве электромонтажных работ.

Учебно-практические вопросы для выполнения курсовых работ по темам заданий №№ 27 – 36 (эксплуатация)

1. Описание технологического оборудования, находящегося в эксплуатации.
2. Система планово-предупредительного ремонта (планирование и производство ремонтных работ).
3. Регламенты эксплуатационного обслуживания данного вида электрооборудования (организация производства работ в рамках регламентов).
4. Типовые технологические карты производства ремонтных работ.
5. Текущий ремонт электрооборудования.
6. Капитальный ремонт электрооборудования.
7. Диагностика эксплуатационного состояния электрооборудования.
8. Инструменты и механизмы.
9. Приборы и установки для проведения измерений и испытаний (организация работ).
10. Документация измерений и испытаний.
11. Соблюдение условий, обеспечивающих нормальное эксплуатационное состояние электрооборудования.
12. Обеспечение охраны труда и техники безопасности при производстве работ по облуживанию электроустановок.

Защита курсовых работ в форме деловой игры направлена на проработку следующих значимых учебно-практических моментов:

1. Особенности подготовки производства работ на энергообъектах.

2. Высокая степень ответственности руководителя производства за свои действия и действия подчинённого персонала.

3. Сложность и опасность условий труда при производстве работ в действующих электроустановках.

4. Формирование психологической готовности к процессу руководства производством работ на сложных энергообъектах.

5. Более осознанное восприятие студентами основных условий и производственных факторов, определяющих их готовность к профессиональной деятельности в электроэнергетике.

Список литературы

1. Кулеева, Л. И. Деловая игра - метод активного обучения бакалавров направления подготовки "Электроэнергетика и электротехника" [Электронный ресурс] / Кулеева Л. И., Семенова Л. А. // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : материалы Всерос. науч.-метод. конф., 29-31 янв. 2014 г., Оренбург / М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. профессор образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург,2014. - . - С. 341-343. . - 3 с.

2. Берг, Н.А. Дегтярева Н.А. Деловая игра как средство организации познавательной деятельности студентов в вузе / Н.А. Берг, Н.А. Дегтярева // Вестник Уральского института экономики, управления и права - №4. – г. Екатеринбург, 2016. - С. 60-67.

ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ «ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ» В УСЛОВИЯХ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

Колисниченко В.Н., Колисниченко Т.М.
Бузулукский колледж промышленности и транспорта ОГУ

В условиях ежегодного научного прогресса реалии жизни вносят свои коррективы в образовательные процессы на всех его уровнях. Конечно условия пандемии не могли не затронуть и среднее профессиональное образование (СПО) по направлению «Электроснабжение». В последние годы к данной отрасли обращено пристальное внимание государства, и именно такое внимание требует подготовки высококвалифицированных специалистов своего дела начиная уже с базового уровня среднего специального образования.

Получая свое образование, будущий техник-электрик должен в полной мере понимать какая ответственность на него возложена, и что его подстерегает по факту жизни на производстве. По статистике большинство специалистов данной отрасли работая в электроустановках получают травмы, в том числе с летальным исходом, в первые и последние годы своей профессиональной карьеры. Все это заставляет задуматься о качестве подготовке молодых специалистов данной отрасли в условиях дистанционного обучения.

Процесс обучения специалистов энергетической отрасли построен на опыте не одного десятилетия и его корни уходят в далекое прошлое. Многие педагоги работают в учебных заведениях по нескольку десятков лет, и имеют огромный опыт работы в области педагогики и образования. Но развитие энергетики не стоит на месте, и преподаватели долгое время работающие на одном месте отстают от быстро меняющихся технологий, которые ежегодно внедряются на производстве, особенно остро обстоит дело со средне профессиональными учебными заведениями в которых материально-техническая база оставляет желать лучшего. Также однозначно можно сказать, что, педагогам приходится самостоятельно изучать постоянно меняющиеся нормативные акты в области энергетики, осваивать новые внедряемые технологии используя ресурсы Интернет, разбираться в оборудовании нового типа и конечно перестраивать свой учебный процесс с учетом цифровых технологий.

Чтобы решить проблемы в подготовки энергетиков нового поколения и дать студенту базовый уровень знаний, которым является выпускник СПО с квалификацией техник-электрик среднему профессиональному образовательному учреждению в условиях недостаточного финансирования придётся решить ряд непростых задач, которыми являются:

- наличие современных лабораторных стендов для получения студентами практического опыта в изучении физических процессов в области энергетики;

- наличие наглядных пособий для изучения устройства и принципа работы постоянно усовершенствуемого электротехнического и электротехнологического оборудования;
- обустройство и постоянная модернизация учебного полигона с наличием современного оборудования для оттачивания мастерства в технологии выполнения работ по техническому обслуживанию или ремонту энергооборудования.

Важным критерием благополучного трудоустройства выпускника СПО зависит от успешной сдачи демоэкзамена по стандартам WorldSkils, который является важным направлением федерального проекта «Молодые профессионалы (Повышение конкурентоспособности профессионального образования)» в рамках Национального проекта «Образование». При таких требованиях студент, в будущем дипломированный техник-электрик должен оттачивать навыки своего профмастерства по монтажу электрооборудования на сертифицированной площадке, соответствующей стандартам WorldSkils. Ну и конечно, обязательным этапом в приближении студента к своей цели должно быть прохождение им практики на энергетическом предприятии, где он сможет получить незаменимый опыт изучая энергооборудование в условиях производства.

Устраиваясь на работу, выпускник колледжа должен соответствовать профессиональной компетенции, обусловленной ФГОС СПО, и чтобы конкурировать при трудоустройстве с выпускниками ВУЗов, имеющих более высокий уровень подготовки, у него должен быть достаточный уровень теоретических знаний, практических навыков и умений, которые ему должны дать в среднем профессиональном учебном заведении при должной поддержке государства.

Одним из проблемных моментов в обучении, влияющим на снижение уровня полученных знаний может стать пандемия и переход на дистанционное обучение, в условиях которого студент очного отделения превращается в студента-заочника, и может изучать дисциплины образовательной программы только по книгам и статьям в интернете. Такие вынужденные условия обучения требуют обязательного пересмотра рабочих программ по техническим специальностям, и тем более по специальности «Электроснабжение», для которой требуется отдельный узконаправленный подход в обучении студентов.

Согласно исследованиям У. Глассера, человеком усваивается 20% от того, что он услышал, 50% от того, что было услышано и увидено и 80% от того, что было испытано человеком. Решением для обучения студентов в таком формате может быть только одно, это применение современных цифровых технологий для онлайн формата с обязательной поддержкой Министерства образования и науки.

Проведя опрос семидесяти студентов третьего и четвертого курсов специальности 13.02.07 «Электроснабжение (по отраслям)» БКПТ ОГУ,- «Как наиболее эффективно и просто будет усваиваться материал в дистанционном формате?», были сделаны выводы (описанные ниже) о наиболее оптимальном

варианте обменом информации для лучшего его усвоения и проработки как в теории, так и практических материалах посредством информационных технологий с использованием программного обеспечения.

На данный момент преподавателями спецдисциплин БКПТ ОГУ используются две наиболее распространенные платформы по общению со студентами в онлайн формате, это: «Zoom» и «ВКонтакте», при этом в условиях ограничения пропускной способности интернета и бесплатных возможностей «Zoom» (не более 40 минут) передача теоретической информации и так называемое «аудирование» сводится к минимуму, а выдача заданий и сбор выполненных отчетов происходит посредством платформы «ВКонтакте».

Однозначно использование платформы «Zoom» должно стать обязательным звеном в передачи информации от педагога к ученику. Ведь голос педагога является центральным элементом построения видеоурока: он приветствует учащихся, объясняет новую информацию, дает инструкции, задает вопросы. Для разнообразия педагог использует различную просодическую организацию своей речи (интонация, паузы, замедление/ускорение речи, повышение/понижение громкости высказывания, изменение тона голоса, акцентирование на словах и т.д.).

Следующим обязательным элементом в передаче информации является платформа «YouTube». Широкое разнообразие видеоруков данного сетевого ресурса позволяет преподавателю найти и направить обучающимся нужную ссылку на данный видеоурок, а ученикам в спокойной обстановке изучить его с использованием пауз и включением субтитров, позволяющих облегчить восприятие нового материала.

В.И. Шулов, представляя структуру преподавания в онлайн формате, описывает 3 этапа[4]:

1) вступительный (на котором сообщается тема и цели урока);

2) основной (развернутое объяснение темы с большим количеством наглядностей);

3) заключительный (итог урока, рефлексия, объяснение домашнего задания и т.д.).

Также принципы создания видеоуроков описаны в статье К.Л. Шарандир, где выделяются следующие важные моменты, которыми необходимо руководствоваться при создании обучающего видеоролика: определение тематики, целей и задач предстоящего видеоурока; использование определенной структуры ролика и оптимального времени (от 5 до 10 минут) для удержания положительной мотивации; выбор функционала (для обработки звука и монтажа видео); использование музыкального фона; структурированность и логическая ясность представленной информации [5].

Таким образом, используя предложенные принципы создания видеоурока, можно гармонично и сбалансированно включить уже готовые обучающие видеоролики в качественное обучение.

Пожалуй, самым важным элементом для получения опыта в дистанционном формате обучения,взамен обычных лабораторных стендов, по мнению студентов, может стать изучение специализированного программного обеспечения, находящееся в открытом доступе, используя которое обучающиеся смогут на практике применить полученные теоретические знания.

В таблице 1 перечислены наиболее распространенные на сегодняшний день программные продукты, применяемые электриками в своей профессиональной деятельности, начиная от самых простых бесплатных приложений, до профессиональных, сложных вычислительно-тренировочных комплексов, используемых в энергетической отрасли.

Таблица1 – Программные продукты применяемые в сфере энергетики

	Наименование программного обеспечения	Краткая характеристика
	Компас-Электрик	Программа предназначена для проектировки оборудования и дальнейшей разработки документации в электротехнической промышленности. Данная программа значительно упрощает процесс создания документации при проектировке различного оборудования, так как большинство элементов формируется автоматически.
	Электрик	Интеллектуальная система – помощник при решении простых и сложных задач в области электроники.
	Мобильный электрик	Программа способная произвести расчет необходимого сечения провода или кабеля, выбрать необходимый аппарат защиты, вычислить номинальный ток того или иного провода (кабеля) и т.п.
	Начала Электроники	Программа представляет электронный конструктор, в котором имитируются процессы, которые имеют место в электротехнике. Существует возможность создать электрическую схему различной сложности, произвести измерения электрических величин, все то, что выполняется в реальном физическом эксперименте. Только в данном случае у вас есть преимущество: все выполняемые эксперименты в программе виртуальны, поэтому не несут потенциальной опасности, как, например, проведение реального опыта в лаборатории.
	sPlan	Программа для создания схем любой сложности. В данной программе установлено огромное количество элементов электротехнической продукции, поэтому она подходит для изображения схем разного назначения и типа. Студент без труда может изобразить электросхему токарного станка, однолинейную схему электрической сети или схему электрической проводки квартиры.
	Microsoft Visio	Приложение к Microsoft Office для электриков. Обладает наличием инструментов способных создавать электрические схемы. В меню есть библиотека шаблонов, существует возможность воспользоваться готовыми

	Наименование программного обеспечения	Краткая характеристика
		эскизами элементов, узлов. Допускается загрузка собственных структурных рисунков с компьютера или электрических компонентов из дополнительных баз данных, скачанных из интернета.
	MultisimLive	Интерактивный эмулятор, позволяющий моделировать и тестировать электрические схемы в одной среде разработки с использованием виртуальных приборов. При помощи данной программы можно облегчить понимание основ электротехники и углубить свои знания в проектировании схем.
	Electronics Workbench	Программа предназначенная для моделирования цифровых и аналоговых электронных схем и анализа их электрических параметров в различных режимах
	AutoCad	Программное обеспечение профессионального уровня применяемое во многих сетевых энергетических предприятиях для проектирования объектов, изготовления машиностроительных, сварочных конструкций, электрооборудования.
0	Модус	Программное обеспечение профессионального уровня объединяющее в себе не только графический редактор но и тренажер для обучения процессам происходящим в электроустановках, оперативным переговорам, коммутациям в цепях РЗА, применению средств индивидуальной защиты, подготовки рабочего места для ремонтных работ в электроустановках.

Все вышеописанные программные продукты, с которыми будут ознакомлены студенты при онлайн обучении и проведут выполнение практических работ с их применением, позволят им уверенно чувствовать себя работая на производстве, так как большинство перечисленных программ используют энергетики разного уровня в процессе своей производственной деятельности на своих предприятиях.

Еще одним выходом в сложившейся ситуации, в условиях вынужденного перехода студентов очной формы обучения на дистанционный формат обучения, может послужить перевод их на свободное посещение с разрешением трудоустройства в энергетические предприятия на частичную занятость в течении учебного года для получения практических навыков на самом производстве, что позволит ему уже на ранней стадии получать профессиональные навыки в области электроснабжения, понимать всю ответственность и важность получаемых знаний в теории.

Подводя итоги всего вышесказанного, необходимо отметить недостаточную базу материального обеспечения и отсутствие своевременной переподготовки преподавательского состава в условиях современного производства. Цитируя мнение большинства студентов обучающихся в колледже: «…все равно придётся переучиваться!» нужно сказать, что

неоспоримо, для поддержания достойного уровня образования в СПО и возможности конкурировать студентам на рынке труда с аналогичными специальности высших и средних учебных заведений необходима всесторонняя поддержка, как Министерства образования и науки, так и государства в целом, для внедрения современных лабораторных стендов, наглядных пособий, цифровых программных продуктов с возможностью удаленного доступа, для возможности усвоения материала в полном объеме по специальности «Электроснабжение» в условиях дистанционного обучения. Все это позволит повысит престиж СПО, в подготовке будущих специалистов по специальности «Электроснабжение», привлечь ребят из сел, районов и городов не имеющих финансовой возможности получать образования в высших учебных заведениях.

В заключении стоит отметить о ежегодном росте роли энергетики в современном мире. Потребление электроэнергии растет с каждым годом, растет спрос и на качество поставляемой электроэнергии, технологии, применяемые в энергетике, постоянно совершенствуются и усложняются, все это требует своевременного внедрения эффективной системы обучения подрастающих специалистов во всех ее видах, ведь надежное энергообеспечение страны является залогом экономического и социального ее развития.

Список литературы

1. Прокубовская А. О., Чубаркова Е.В. Непрерывная подготовка кадров для энергетики / А.О. Прокубовская, Е.В. Чубаркова // В сборнике.

2. Актуальные вопросы инженерного образования: содержание, технологии, качество. Материалы VIII Всероссийской научно-методической конференции. В 3-х томах. 2018.

3. Паспорт национального проекта Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» (утв. президиумом Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и национальным проектам, протокол от 04.06.2019 №7).Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_328854.

4. Шулов В.И. Концепция электронных учебных материалов (видеоуроков) в условиях развития цифровой образовательной среды // Интерактивное образование. Режим доступа: https://interactiv.su/2020/01/28/концепция-электронныхучебных-матер/ 03.04.2021.

5. Шарандир К.Л. Структура и принципы построения видеоурока для изучения английского языка // Научная палитра. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_44680124_16440408.pdf .

6. Проблема трудоустройства выпускников профессиональных образовательных организаций [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://moluch.ru/archive/100/22541/.

АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ В ОБЛАСТИ РЕАЛИЗАЦИИ УМНОЙ АУДИТОРИИ НА БАЗЕ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

Безгин А.С., канд. техн. наук, Коротков Н.В.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

С расширением технологических возможностей человек стремится внедрить их во всё большие сферы своего пребывания. Технологическая отрасль под названием «Интернет вещей» является одной из самых быстрорастущих на данный период времени.«Интернет вещей» – концепция вычислительной сети, соединяющей вещи (физические предметы), оснащенные встроенными информационными технологиями для взаимодействия друг с другом или с внешней средой без участия человека [1]. При помощи такой концепции человек значительно упрощает свое пребывание в той или иной сфере, будь это сфера промышленности, бизнеса, здравоохранения или образования.

Целью исследования является внедрение системы на базе «Интернета вещей»в аудиторию университета, которая позволит контролировать такие параметры какосвещенность, температуру, количество расходуемой электроэнергии аудитории, а также состояние замков и положений окон. Объектом исследования является непосредственно аудитория университета.

Интернет начинается или заканчивается одним событием: простое движение,смена температуры или, может быть, рычаг защелкивает замок. В отличие отмногих существующих ИТ-устройств, «Интернет вещей» по большей части связан с физическим действием или событием. Он выдает реакцию на какой-тофактор реального мира[4]. Именно различного рода датчики способны улавливать изменение физических величин и унифицировать их.

Все датчики отличаются друг от друга — одни могут работать в экстремальных условиях, другие более точные, третьи дольше служат. Эти отличия влияют на цену — чем больше датчик умеет и чем больше способен выдержать, тем дороже он стоит[5]. Основополагающими датчиками для умной аудитории будут являться датчики температуры, датчики положения окон, датчики нахождения людей. Также различного рода умные коммутационные модули будут использованы для управления освещением или состоянием замков.

В качестве датчика температуры возможно применение нескольких типов таких датчиков.Термосопротивления – основаны на изменении электрического сопротивления материалов под воздействием температуры, термопары – использует эффект возникновения термо-ЭДС в зависимости от разности температур «холодного» и «горячего» спаев [6]. И наконецтермистор, который является тем же датчиком температуры, электрическое сопротивление которого зависит от его температуры, но его отличие в том, что его изготавливают из

керамики или полимеров. Сравнительные характеристики данных датчиков показаны на рисунке 1.

Категория	Термопара	Резистивные датчики температуры	Термистор
Температурный диапазон (в °C)	От –180 до 2,320	От –200 до 500	От –90 до 130
Время реакции	Быстро (микросекунды)	Медленно (секунды)	Медленно (секунды)
Размеры	Большие (~10 мм)	Небольшие (~ 5 мм)	Небольшие (~ 5 мм)
Точность	Низкая	Средняя	Очень высокая

Рисунок 1 – Сравнительные характеристики датчиков температуры

Датчик основанный на термосопротивлении подходит для аудитории университета, ведь высока точность замера не столь важна, также как и время реакции на изменение температуры.

Датчик положения окон может быть реализован на основе трёхосевого модуля «Гироскоп и акселерометр GY-521».Гироскоп используется для измерения линейных ускорений, а акселерометр – угловых скоростей. Совместное использование акселерометра и гироскопа позволяет определить движение тела в трехмерном пространстве[7].

Для бесконтактного включения основного освещения, возможно применение датчиков присутствия, таких как: ультразвуковой, инфракрасный, акустический.

Ультразвуковой датчик присутствия использует принцип излучения и приема высокочастотных (200 кГц) волн. Они могут функционировать в диффузном режиме, когда один и тот же датчик вначале излучает волну, потом воспринимает их, но уже в отраженном от объектов виде. Есть режим барьера, когда используется не один, а пара датчиков. При этом передающий генерирует высокочастотную волну, она попадает на объект (барьер) и не воспринимается приемным датчиком. Поэтому происходит срабатывание.

Инфракрасный датчик присутствия воспринимает излучение, исходящее от людей. А его интенсивность из-за более высокой температуры тела больше, чем у предметов окружающей обстановки. Его основные составные части – фотоэлемент и множество небольших оптических линз, которые при движении человека попеременно направляют световые лучи на поверхность фотоэлемента. Благодаря этому он генерирует электрические сигналы. Такие датчики присутствия чаще других применяют для включения света.

Акустический тип имеет два микрофона с высоким и низким сопротивлением катушки, воспринимающие звук частотного диапазона 20 – 20000 Гц. Микрофоны воспринимают звук и преобразуют его в электрический импульс.[8]

Зачастую во время самостоятельных занятий в аудитории бывает бесшумно, поэтому акустический датчик может не срабатывать тогда, когда это необходимо. Ультразвуковой датчик в немалых аудиториях нуждается в наличии ещё одного или нескольких таких датчиков, это усложняет их

установку и повышает цену. Инфракрасный датчик воспринимая тепло человека будет всегда понимать, что необходима подача света, а также вполне достаточно установить один такой датчик для нормального функционирования. Исходя из этого стоит рассмотреть выбор датчиков присутствия, которые основаны на принципе восприятия инфракрасного излучения.

Управление отдельными группами освещения или состояниями замков деверей можно реализовать при помощи умного коммутационного модуля. Достойным представителем этой категории является плата TuyaWi-Fi [9], которая позволят управлять четырьмя группами нагрузки по беспроводной связи.

Для отслеживания, архивирования, автоматической отправки, количества потребляемой электроэнергии умной аудиторией, возможно применение умных счётчиков.Применение счётчиков возможно с отдельным или встроенным внутри него контроллером, который будет организовывать связь с конечным пользователем. Такие счётчики могут передавать данные по проводному интерфейсу RS-485,PLCили же по беспроводной сети Wi-Fi,GPRS,что зависит от модели счётчика.

Самым популярным типом интерфейса является RS-485, т.к. многие умные электросчётчики имеют в своей структуре именно его. Такой интерфейс не имеет прямой зависимости от наличия интернета, в отличи от Wi-Fiинтерфейса, а также RS-485 имеет хорошую помехозащищённость, благодаря асинхронному способу передачи данных, что положительно сказывается на получении конечных данных со стороны пользователя.

Наиболее лучшим вариантом будет применение электросчётчиков отдельно от контроллеров, такой вариант более гибок, и практичен, нежели наличие контроллера внутри умного электросчётчика. При неисправности контроллера можно будет с лёгкостью диагностировать и исправить ошибку, в то время как внутреннее исполнение контроллера значительно усложнит эту задачу.

Так модель «счетчик → контроллер → сервер → Интернет → владелец» делает счетчик умным [10]. Модель умного счётчика представлена на рисунке 2.

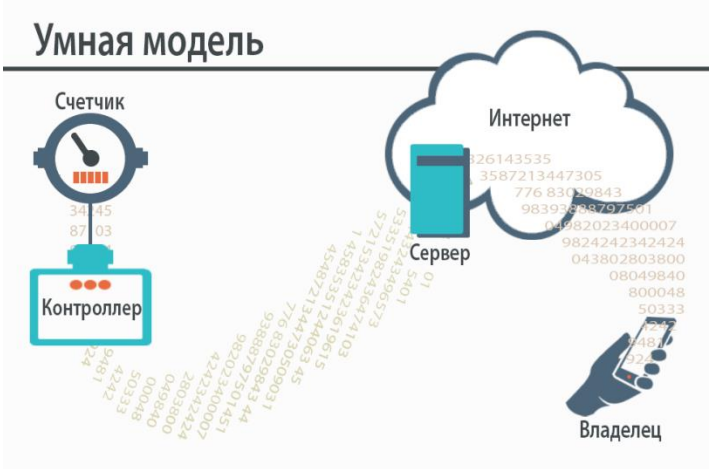


Рисунок 2 – Модель умного счётчика электроэнергии

Сбор данных и связь всех компонентов осуществляется при помощи связующего сервера, который может быть, как удаленным, так и локальным.

В первом случае, когда сервер будет удален от объектов умной аудитории, это положительно повлияет на простоту реализации такой системы, а также и на её стоимость. Но быстродействие при такой архитектуре значительно уменьшается, а зависимость от постоянного наличия интернет-связи между компонентами ставит её эффективность под угрозу, ведь “общение” сервера и объектов происходит непосредственно через интернет.

Во втором случае, когда сервер находится в месте реализации умной аудитории, скорость взаимодействия объектов значительно увеличивается, а также повышается гибкость системы в целом, ведь все объекты находятся в непосредственной близости друг от друга и могут функционировать как по проводной, так и по беспроводной связи. С другой стороны, стоимость и сложность реализации такой системы значительно выше, нежели в первом случае, но надежность и качество умной аудитории стоит на первом месте, поэтому целесообразно использовать именно локальную архитектуру обмена данными.

Также необходимо выбрать протокол связи компонентов. Протокол связи - это система правил, которая позволяет двум или более объектам системыорганизовать связь для передачи информации посредством любого вида изменения физической величины. Протокол определяет правила, синтаксис, семантику и синхронизацию связи, а также возможные методы устранения ошибок. Протоколы могут быть реализованы с помощью аппаратного обеспечения, программного обеспечения или их комбинации [2].

Требования к протоколу связи объектов умной аудитории зависит напрямую от них самих. Для более простых и маломощных компонентов целесообразно применять протокол MQTT, ведь такой протокол позволяет отправлять информацию пользователю не напрямую, а через сервер, который выступает в роли основного ресурсоприёмника. Такой протокол связи разработан специально для систем на базе “Интернета вещей” и позволяет совершать обмен данными без интернет-соединения, а также не перегружать каналы связи.

Для связи объектов системы напрямую между собой в реальном времени, возможно применение протокола DDS. Такой протокол используется между мощными компонентами системы, которые не требуют наличия серверного хранилища данных.

Еще один популярный протокол – Modbus. Он поддерживается почти всеми производителями промышленного оборудования. Используют такой протокол для мониторинга, сбора данных с датчиков, управления контроллерам. Принцип работы основан на концепции «ведущий-ведомый». Обычно в сети есть только одно ведущее устройство, которое передает запросы другимподчиненным устройствам [3].

Умная аудитория не содержит в себе мощных компонентов, которые способны действовать без вспомогательных ресурсов, поэтому логично будет использование MQTTпротокола связи, для упрощения работы системы.

В качестве промежуточного устройства между датчиками, индикаторами, и прочими регистрирующими изменения устройствами, используют передающие модули – маршрутизаторы. Как правило для отправки данных применяют Wi-Fi связь, с помощью которой можно с лёгкостью организовать беспроводное соединение элементов локальной системы, а также с интернет-сетью при необходимости.

Таким образом анализ информационных источников по исследуемой теме позволил выявить различные способы построения умной аудитории на базе “Интернета вещей”, определить характерные для них плюсы и минусы, а также изучить архитектуру умных систем в целом. Также при помощи анализа удалось определить подходящие типы датчиков, выбрать коммутационный модуль, а также выявить их принципы работы и свойства.

Для умной аудитории университета самым практичным методом реализации будет применение локального сервера с использованием MQTTпротоколов и беспроводной связи компонентов. Поскольку объект исследования не является особым помещением с нехарактерными условиями пребывания и требованиями, а основные функции умной системы в основном ограничиваются лишь периодической передачей состояний объектов, то создание умной аудитории по вышеописанным параметрам полностью оправдывает себя.

Список литературы

1. 1. Указ Президента Российской Федерации от 09.05.2017 г. № 203 [Электронный ресурс] // http://kremlin.ru: официальное интернетпредставительство Президента России, 2019. URL: http://kremlin.ru/acts/bank/41919 – 15.12.21

2. Протокол связи – Режим доступа: https://wikiboard.ru/wiki/Communication_protocol – 16.12.21

3. Протокол связиModbus – Режим доступа: https://mcs.mail.ru/blog/protokoly-interneta-veschej – 16.12.21

4. Архитектура интернета вещей / пер. с анг. М.А. Райтмана. – М.: ДМК Пресс, 2019. – 454 с.: ил.

5. Датчики в интернете вещей – Режим доступа: https://mcs.mail.ru/blog/datchiki-v-iot-ot-termometrov-do-umnyh-ustrojstv – 17.12.21

6. Датчики температуры – Режим доступа: https://rusautomation.ru/termometriya/datchiki-temperatury – 17.12.21

7. 3-х осевой гироскоп и акселерометр GY-521 – Режим доступа: https://3d-diy.ru/wiki/arduino-datchiki/giroskop-i-akselerometr-gy521-mpu6050/#Obzor – 17.12.21

8. Датчики присутствия – Режим доступа: https://dom-automation.ru/umnyj-dom/articles/datchik-prisutstviya-%E2%80%93-chto-eto.html – 18.12.21

9. Коммутационный модуль Tuya Wi-Fi – Режим доступа: https://aliexpress.ru/item/1005002329088798 – 18.12.21

10. Умные счетчики: принцип работы – Режим доступа: https://www.saures.ru/blog/stati/umnie-schetchiki/– 18.12.21

МЕТОДЫ АНАЛИЗА ТЕПЛОВИЗИОННЫХ СНИМКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Косенко А.А., Чернова А.Д., канд. техн. наук.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

В настоящее время электрические сети (ЭС) России характеризуются высокой степенью износа оборудования: общий износ объектов электрической сети составляет 50%, в том числе подстанционного оборудования − 60%, линий электропередач − 40%. Это становится причиной выхода из строя электроустановок, что в свою очередь влечет непредсказуемый режим работы для оставшихся в эксплуатации объектов ЭС, обеспечивающих резервное электроснабжение.

Таким образом, в современных условиях высокого износа электрических сетей своевременная диагностика технического состояния оборудования является обязательным и неотъемлемым требованием организации его надежной эксплуатации.

По общей классификации, все методы диагностирования электрооборудования можно разделить на методы неразрушающего и разрушающего контроля. На данный момент одним из самых перспективных направлений методов неразрушающей диагностики является тепловые методы контроля. Для преобразования невидимого инфракрасного излучения в видимое распределение температур по поверхности используются тепловизоры. Таким образом, тепловизионный контроль (ТК) позволяет зафиксировать изменение температуры объекта, что является самым первым показателем, указывающим на наличие дефектов.

К достоинствам данного метода относят безопасность персонала при проведении обследования оборудования, так как диагностика проводится на расстоянии от исследуемого объекта. Кроме того, не требуется отключать оборудование и подготавливать рабочее место, благодаря чему этот метод диагностики имеет высокую производительность, малые трудозатраты и возможность обследования большинства типов подстанционного электрооборудования.

Другим преимуществом является высокая чувствительность метода, что позволяет регистрировать изменения температуры в доли градуса и обнаружить дефект на ранней стадии развития. Однако, показания тепловизора сильно подвержены влияющим факторам, например, текущей электрической нагрузке, отражающей способности объекта измерения, температуре и состоянию окружающей среды, так как запыленность и влажность поглощают инфракрасное излучение, и др.

Кроме того, достоверное определение технического состояния является сложной задачей, так как при однократном диагностировании высоковольтного оборудования, состоящего из множества элементов, можно только случайно

обнаружить дефект в начальной стадии развития. Вероятность надежной и объективной оценки технического состояния повышается по мере увеличения числа актов контроля. Однако, в связи с этим критически возрастает объем обрабатываемой информации, что ведёт к росту влияния человеческого фактора на качество анализа и оценки термограмм, полученных в результате ТК.

В связи с этим в работе автором проводится анализ методов оценки термограмм применительно к электроэнергетическому оборудованию.

Основным методом оценки технического состояния оборудования на термограммах является визуальный. Этот метод регламентируется РД 153-34.0-20.363-99 «Методика инфракрасной диагностики электрооборудования и ВЛ» [1]. В его основе лежит оценка температуры исследуемой области по нормированным значениям температуры нагрева (значениям превышения температуры) или избыточной температуре или коэффициенту дефектности, динамике изменения температуры во времени, с изменением нагрузки, путем сравнения измеренных значений температуры в пределах фазы, между фазами, с заведомо исправными участками. Преимуществами метода является то, что он не требует проведения сложных дополнительных расчетов и подготовки термограмм. Однако, эффективность обнаружения дефекта в электрооборудовании, особенно на начальной стадии, зависит от квалификации термографиста, так как процесс контроля и анализа его результатов разнесен во времени. Кроме того, необходим опыт учета большого числа влияющих факторов, описанных выше.

Одним из таких факторов является зависимость температуры узла электрооборудования от токовой нагрузки. В работе [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**] обосновывается необходимость фиксации изменения температуры во времени, так как изменение температуры отстает от изменений нагрузки. Однако такой подход имеет следующие недостатки: точность измерения при малых токовых нагрузках ограничена температурным разрешением тепловизора; кроме того, большое влияние оказывают другие влияющие факторы, что может создавать поверхностные шумы и приводить к обнаружению ложных дефектов.

Для исследования внутренних дефектов в многослойных конструкционных материалах используется метод динамической тепловой томографии. Этот метод заключается в том, что временные интервалы появления максимальных температурных сигналов над дефектами напрямую связаны с глубиной их залегания. Таким образом, путем тепловизионной видеосъемки с частотой 30–60 кадров в секунду и программ автоматизированной обработки термоизображений можно выявлять дефекты в различных цельных и многослойных изделиях [3]. Недостатком этого метода является необходимость длительного нагрева при неизменных условиях, что для электроэнергетического оборудования возможно только в лабораторных условиях, так как нагрузка зачастую носит переменный характер или имеет малые значения.

Другим подходом к выявлению дефектов является термографическая реконструкция сигналов. Температурные сигналы над дефектами при охлаждении изменяются медленнее, чем в бездефектных зонах из-за менее интенсивного отвода тепла вглубь изделия через дефект [4]. В связи с этим в методе уделяется внимание анализу первой и второй производной от температуры по времени. К достоинствам метода относят эффективное выделение аномальных зон и возможность получения изображений дефектов высокого качества.

Спецификой тепловизионного контроля электроэнергетического оборудования, в частности воздушных линий электропередач, является их большая протяженность, а также труднодоступность. В РД 153-34.0-20.363-99 предлагается для ТК использовать съемку с вертолета. Однако, современной перспективной технологией является использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Использование БПЛА для ТК позволяет оценить дефект с более близкого расстояния, а также получить термограммы более высокого качества. Но для последующей эффективной оценки технического состояния ВЛЭП необходимо изучать большой массив данных, что требует автоматизации в рамках цифровизации электроэнергетики. Для определения дефектов, сортировки и привязки термограмм к конкретным узлам опор могут использоваться системы интеллектуального распознавания на основе искусственных нейронных сетей (ИНС). ИНС представляют собой компьютерную программу, симулирующую набор простых нейронов и их связей. ИНС имеют возможность обучения на основе информации об окружающей среде. Преимуществом использования ИНС является учет геометрических, позиционных особенностей при фиксации температурных аномалий в тепловом распределении; учет режимов работы электрооборудования; возможность использования алгоритмов обучения без учителя для поиска дефектной области. Однако существенной особенностью является необходимость большого объема обучающей выборки для каждого класса объекта контроля [5].

На основе проведенного анализа методов обработки термограмм можно сделать вывод, что одними из наиболее перспективных способов обнаружения дефектов являются методы искусственного интеллекта, а именно направления, связанные с машинным зрением и распознаванием образов искусственными нейронными сетями (ИНС) за счет высокой достоверности и возможности автоматизированной обработки больших объемов данных.

Таким образом, анализ научно-технической литературы в области тепловизионной диагностики оборудования электрических сетей показал, что тема исследования актуальная и значима.

Список литературы

1. Открытое акционерное общество "Фирма по наладке, совершенствованию технологии и эксплуатации электростанций и сетей

ОРГРЭС". РД 153-34.0-20.363-99. Методика инфракрасной диагностики электрооборудования и ВЛ, 1999 г - 136 с.

2. Lyon Jr., B. R. The relationship between current load and temperature for quasi-steady state and transient conditions / B. R. Lyon Jr., G. L. Orlove, D. L.Peters // Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering. – 2000. – pp. 62-70 DOI:10.1117/12.381580.

3. Лукьянов, А. В. Тепловизионный контроль многослойных изделий методами динамической тепловой томографии на базе программы «ThermoFitPro» / А. В. Лукьянов, А. В. Кошкин // Вестник ИрГТУ. – 2020. – №2 (151). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/teplovizionnyy-kontrol-mnogosloynyh-izdeliy-metodami-dinamicheskoy-teplovoy-tomografii-na-baze-programmy-thermofit-pro (дата обращения: 28.11.2021).

4. Вавилов, В.П. Инфракрасная термография и тепловой контроль / В.П. Вавилов. – Москва: ИД Спектр, 2009. – 544 с.

5. Захарова, О.Е. Разработка прототипа нейросетевого модуля для автоматизированного анализа термограмм изделий из ПКМ / О. Е. Захарова, А. В. Козловский, В.Н. Мымрин, Е. А. Першина // Полимерные материалы – 2021. – №2. – С. 18-22.

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ЧАСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОРЕНБУРГСКОГО РАЙОНА В СРЕДЕ SIMULINK MATLAB

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

Для создания имитационной модели части электроэнергетической системы (ЭЭС) Оренбургского района используется программное обеспечение SimulinkMATLAB, позволяющие проводить проверку системы при аварийном режиме работы без использования дорогостоящего оборудования [1].

Рассматриваемый участок ЭЭС является: линии электропередач, трансформаторные подстанции, распределительный пункт, нагрузка. Однолинейная схема данного участка показана на рисунке 1.

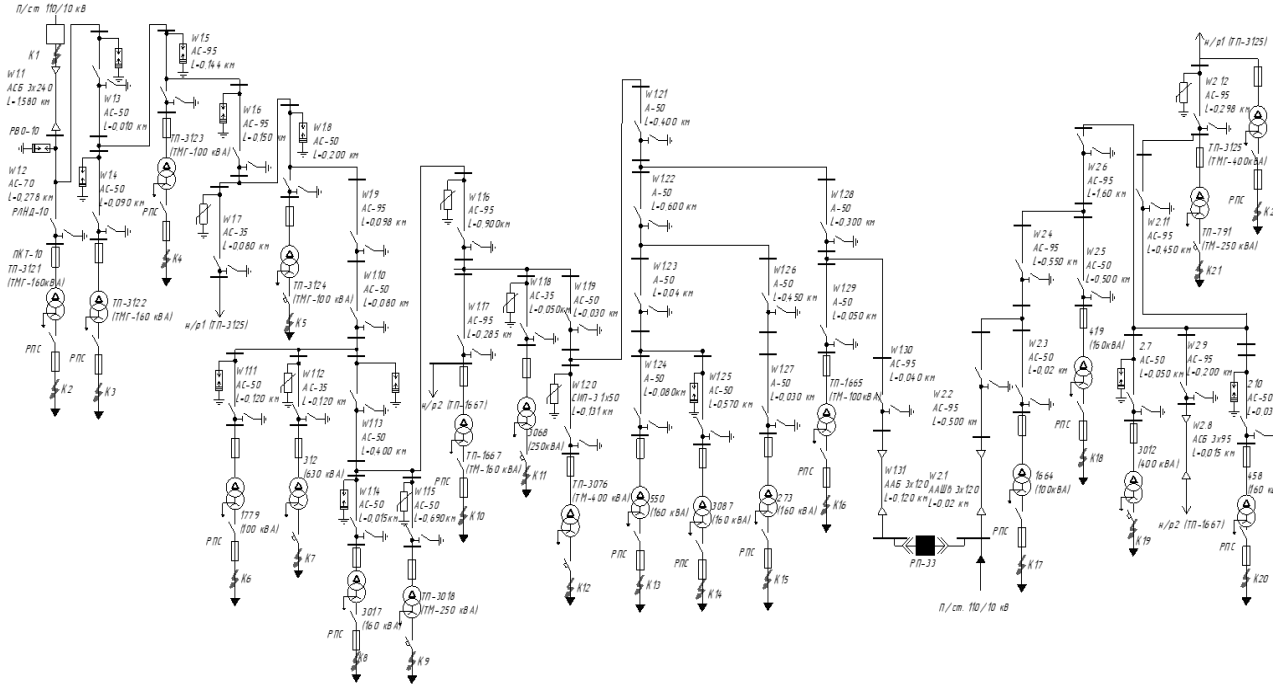


Рисунок 1 – Однолинейная схема ЭЭС

На рисунке 2 представлен блок Three-PhaseSource, предназначенный для моделирования энергосистемы с линейным напряжением 10 кВ. Так как значение активного сопротивление мало, следовательно, отношение реактивного сопротивления к активному приравнивается к бесконечности.

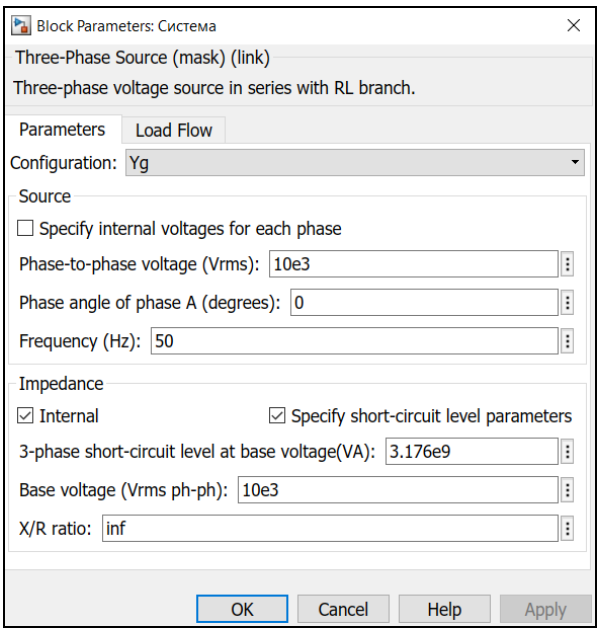


Рисунок 2 – Параметры блока Three-PhaseSource

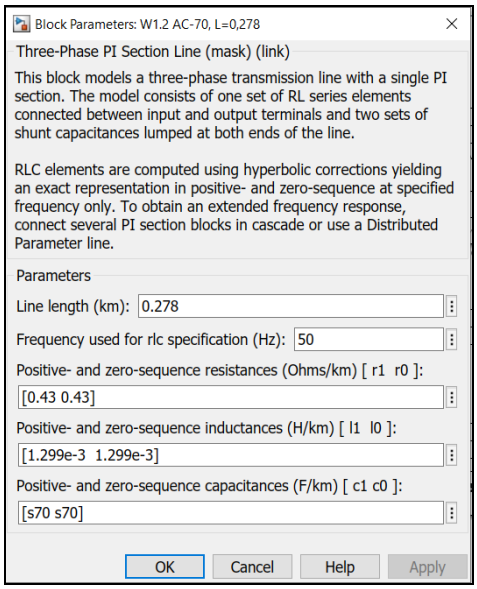
БлокThree-PhasePISectionLine используется для моделирования трехфазной ЛЭП [2], имеющую П-образную схему замещения. В таблице 1 отображены основные параметры линий: активное, индуктивное, емкостное удельное сопротивление по прямой и нулевой последовательности.

Таблица 1 – Параметры ЛЭП

№ линии	Марка	Ом/км	Гн/км $\cdot 10^{-3}$	Ф/км$\cdot 10^{-7}$	№ линии	Марка	Ом/км	Гн/км $\cdot 10^{-3}$	Ф/км$\cdot 10^{-7}$
W1.1	АСБ 3Х240	0,13	0,239	5,41	W1.23	А-50	0,59	1,274	2,548
W1.2	АС-70	0,43	1,299	2,930	W1.24	А-50	0,59	1,274	2,548
W1.3	АС-50	0,59	1,306	2,548	W1.25	АС-50	0,59	1,306	2,548
W1.4	АС-50	0,59	1,306	2,548	W1.26	А-50	0,59	1,274	2,548
W1.5	АС-95	0,31	1,264	3,312	W1.27	А-50	0,59	1,274	2,548
W1.6	АС-95	0,31	1,264	3,312	W1.28	А-50	0,59	1,274	2,548
W1.7	АС-35	0,92	1,433	2,293	W1.29	А-50	0,59	1,274	2,548
W1.8	АС-50	0,59	1,306	2,548	W1.30	АС-95	0,31	1,264	3,312
W1.9	АС-95	0,31	1,264	3,312	W1.31	ААБ 3х120	0,25	0,258	3,694
W1.10	АС-50	0,59	1,306	2,548	W2.1	ААШв 3х120	0,25	0,258	3,694
W1.11	АС-50	0,59	1,306	2,548	W2.2	АС-95	0,31	1,264	3,312
W1.12	АС-35	0,92	1,433	2,293	W2.3	АС-50	0,59	1,306	2,548
W1.13	АС-50	0,59	1,306	2,548	W2.4	АС-95	0,31	1,264	3,312
W1.14	АС-50	0,59	1,306	2,548	W2.5	АС-50	0,59	1,306	2,548
W1.15	АС-50	0,59	1,306	2,548	W2.6	АС-95	0,31	1,264	3,312
W1.16	АС-95	0,31	1,264	3,312	W2.7	АС-50	0,59	1,306	2,548
W1.17	АС-95	0,31	1,264	3,312	W2.8	АСБ 3х95	0,32	0,264	3,312
W1.18	АС-35	0,92	1,433	2,293	W2.9	АС-95	0,31	1,264	3,312

W1.19	АС-50	0,59	1,306	2,548	W2.10	АС-50	0,59	1,306	2,548
W1.20	СИП-3 1х50	0,92	0,952	2,548	W2.11	АС-95	0,31	1,264	3,312
W1.21	А-50	0,59	1,274	2,548	W2.12	АС-95	0,31	1,264	3,312
W1.22	А-50	0,59	1,274	2,548					

На рисунке 3 показаны параметры блока Three-PhasePISectionLine.



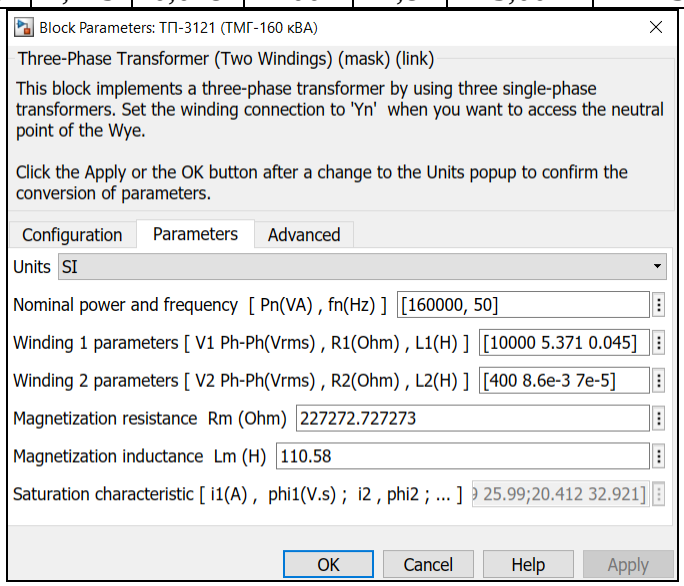
Рисунке 3 – Параметры блока Three-PhasePISectionLine.

БлокThree-PhaseTransformer (TwoWindings) (рисунок 4) применяется для моделирования трехфазного трансформатора. Расчет параметров схемы замещения трансформаторов проведен по методике, изложенной в [4]. В таблице 2 представлены параметры трансформаторов.

Таблица 2 – Параметрытрансформаторов

№ ТП	Тр-р, кВА	U1, кВ	R1, Ом	L1, Гн	U2, В	R2, мОм	L2·10^{-5}, Гн	Rm, Ом	Lm, Гн
ТП-3121	ТМГ-160	10	5,371	0,045	400	8,6	7,00	227272,727	110,58
ТП-3122	ТМГ-160	10	5,371	0,045	400	8,6	7,00	227272,727	110,58
ТП-3123	ТМГ-100	10	6,5	0,072	400	10,4	11,00	500000	127,389
ТП-3124	ТМГ-100	10	6,5	0,072	400	10,4	11,00	500000	127,389
ТП-1779	ТМГ-100	10	6,5	0,072	400	10,4	11,00	500000	127,389
ТП-312	ТМГ-630	10	0,957	0,014	400	1,5	2,00	86206,897	63,189
ТП-3017	ТМГ-160	10	5,371	0,045	400	8,6	7,00	227272,727	110,58
ТП-3018	ТМ-250	10	2,96	0,029	400	4,7	5,00	178571,429	74,934
ТП-1667	ТМГ-160	10	5,371	0,045	400	8,6	7,00	227272,727	110,58
ТП-3068	ТМГ-250	10	2,96	0,029	400	4,7	5,00	178571,429	74,934
ТП-3076	ТМ-400	10	1,719	0,018	400	2,8	3,00	125000	49,761
ТП-550	ТМГ-160	10	5,371	0,045	400	8,6	7,00	227272,727	110,58
ТП-3087	ТМГ-160	10	5,371	0,045	400	8,6	7,00	227272,727	110,58
ТП-273	ТМГ-160	10	5,371	0,045	400	8,6	7,00	227272,727	110,58
ТП-1665	ТМ-100	10	6,5	0,072	400	10,4	11,00	500000	127,389
ТП1664	ТМГ-100	10	6,5	0,072	400	10,4	11,00	500000	127,389

ТП-419	ТМГ-160	10	5,371	0,045	400	8,6	7,00	227272,727	110,58
ТП-3012	ТМ-400	10	1,719	0,018	400	2,8	3,00	125000	49,761
ТП-458	ТМГ-160	10	5,371	0,045	400	8,6	7,00	227272,727	110,58
ТП-791	ТМ-250	10	2,96	0,029	400	4,7	5,00	178571,429	74,934
ТП-3125	ТМ-400	10	1,719	0,018	400	2,8	3,00	125000	49,761



Рисунке 4 – ПараметрыблокаThree-PhaseTransformer (TwoWindings).

БлокThree-PhaseParallelRLCLoad используется для трехфазной нагрузки, которая имеет активно-индуктивный характер.

Результатом проделанной работы является модель, представленная на рисунках 5-7.

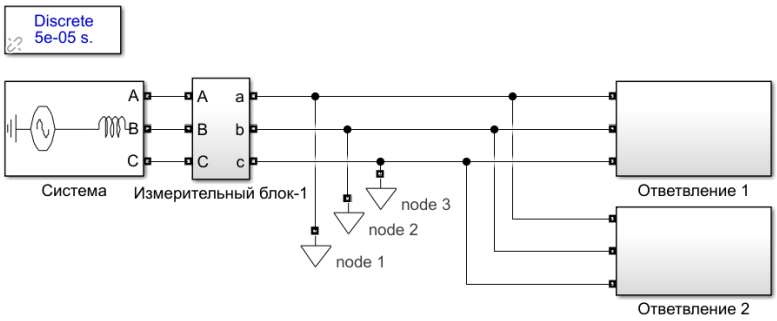


Рисунок 5 – Модель части ЭЭС Оренбургского района в среде Matlab Simulink

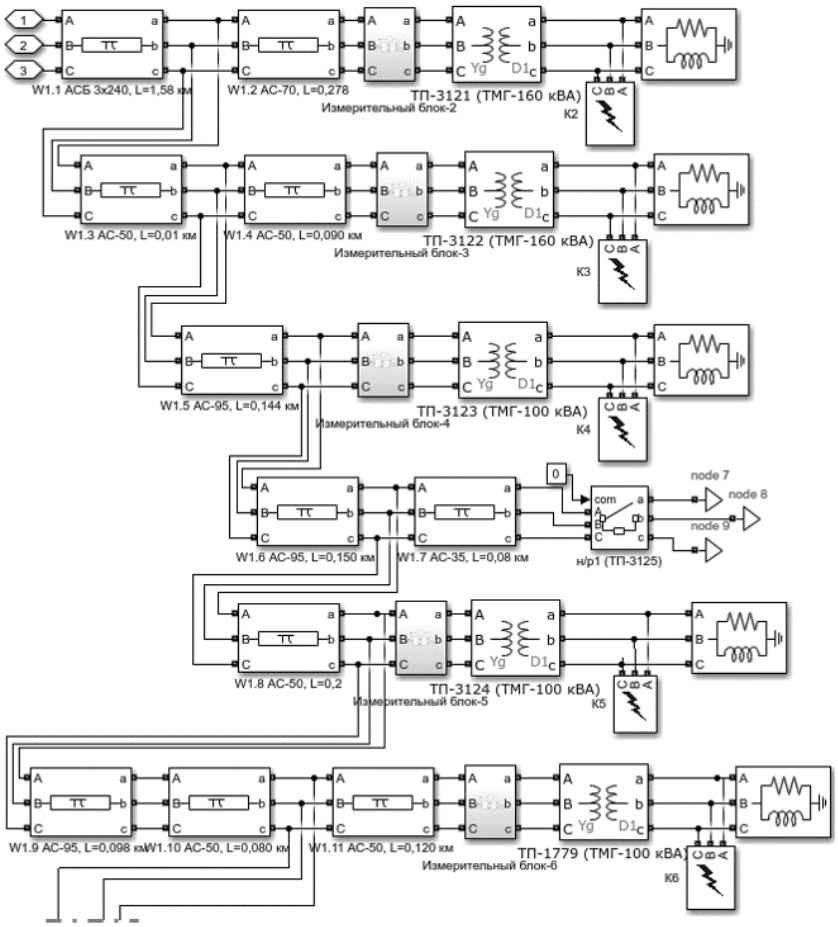
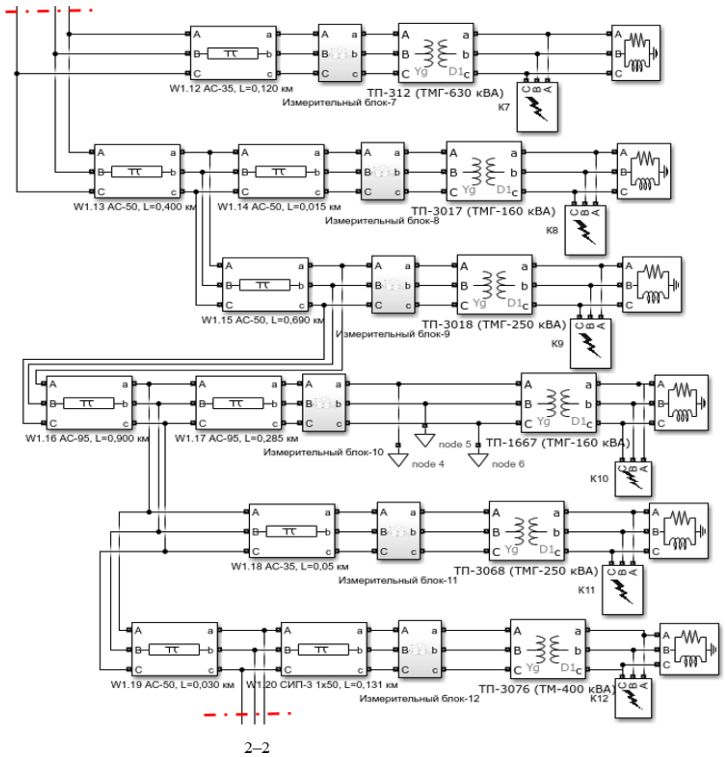


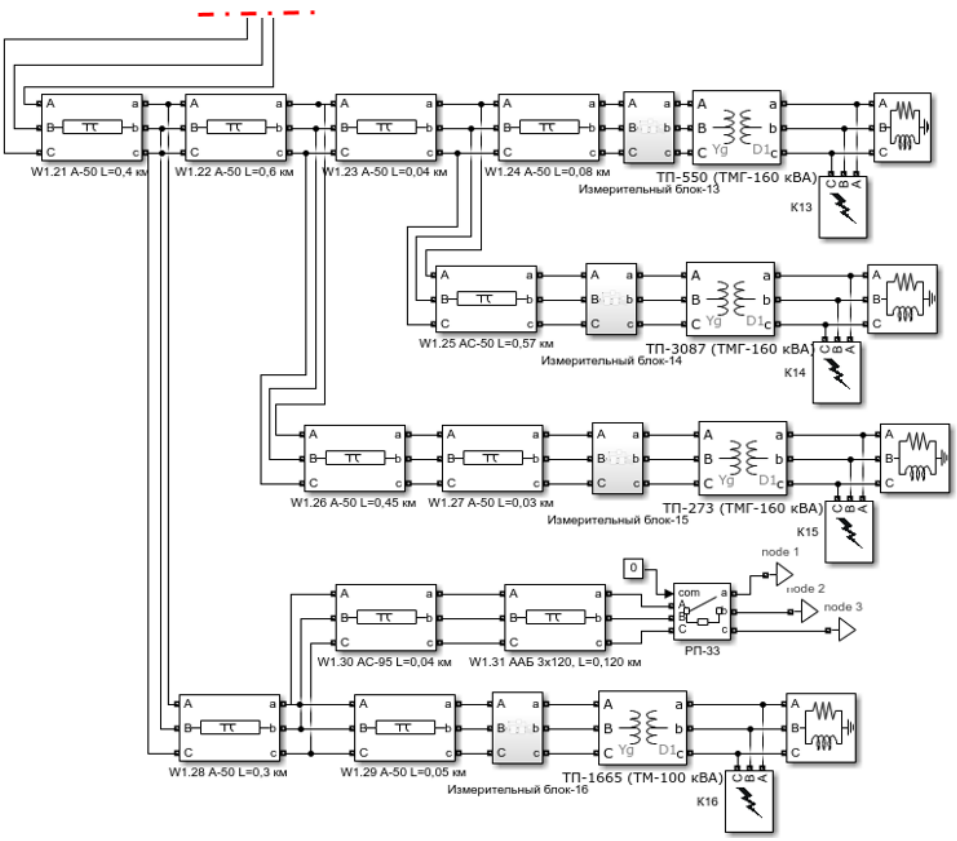
Рисунок 6 – Ответвление 1 части ЭЭС Оренбургского района в среде Matlab Simulink

Продолжение 1–1



Продолжение рисунка6

Продолжение 2–2



Продолжение рисунка6

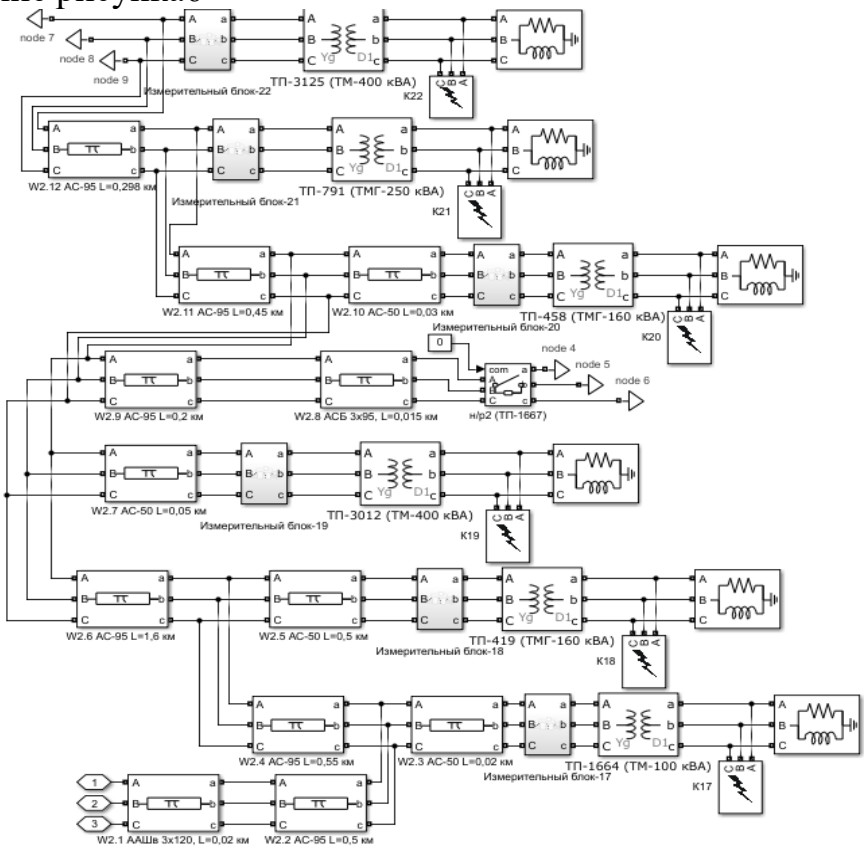


Рисунок 7 – Ответвление 2 части ЭЭС Оренбургского района в среде Matlab Simulink

Данную модель необходимо верифицировать. Для этого токи и напряжения при нормальном режиме работы сравнивались с реальными величинами. Полученные данные приведены в таблицах 3.

Таблица 3– Сравнение напряжений и токов при нормальном режиме реальных величин и модели.

№ Измерительный блок	Нормальный режим					
	U, В			I, А		
	Модель	Реальные	Δ, %	Модель	Реальные	Δ, %
2	9 953,18	10 089,20	-1,37	5,25	5,1	2,86
3	9 952,97	10 132,50	-1,8	5,25	4,76	9,33
4	9 942,80	10 045,89	-1,04	3,31	3,12	5,74
5	9 911,66	9 872,69	0,39	3,3	3,37	-2,12
8	9 869,19	10 349,00	-4,86	5,2	4,71	9,42
9	9 862,51	10 132,50	-2,74	8,11	7,37	9,12
11	9 834,53	10 219,10	-3,91	8,09	7,31	9,64
12	9 825,82	10 262,40	-4,44	12,92	11,67	9,67
14	9 810,37	10 435,61	-6,37	5,17	4,8	7,16
19	9 899,14	10 262,40	-3,67	13,01	11,73	9,84
22	9 888,42	10 349,00	-4,66	13	12,31	5,31

Погрешность созданной модели не превышает ±10%. Таким образом, созданная имитационная модельчасти ЭЭС Оренбургского района в среде SimulinkMATLAB, позволяет производить расчеты параметров различных режимов работы системы, результаты которых будут использоваться в дальнейшем для настройки устройств релейной защиты и автоматики.

Список литературы

1 Костюченко Л.П. Имитационное моделирование систем электроснабжения в программе MATLAB: учеб. пособие / Л.П. Костюченко; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2012. – 215 с.

2 Провода АС активное и индуктивное сопротивление [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://olivamebel.ru/info/as-120-aktivnoe-i-induktivnoe-soprotivlenie/

3 Силовые трансформаторы, измерительные трансформаторы [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://uralen.ru/catalog/trans/

4 Идельчик В. И. Электрические системы и сети: Учебник для вузов. / Идельчик В. И., М.: Энергоатомиздат, 1989, — 592 с.: ил. ISBN 5-283-01012-0.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МИКРОТУРБИНЫ

Митрофанов С.В., канд. техн. наук, доцент,
Кенжагалиев А.А.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Для того, чтобы правильно спроектировать систему, состоящую из микротурбины с сетью теплообменников, необходимо произвести ряд вычислений, цель которых будет определение расчетной мощности микротурбины, необходимой для энергообеспечения электрических и тепловых потребителей. Исходя из этого, строятся рабочие характеристики микротурбины, после определяется мощность. На основании вышеизложенного расчет математической модели микротурбины с определением мощности является актуальной задачей. Далее рассмотрим данную математическую модель.

В микротурбине, как и в обычных турбинах, есть два компонента — компрессор и расширитель. Для каждого компонента уравнения имеют форму, аналогичную форме уравнения для другого компонента. Все компоненты будут рассматриваться отдельно.

Неконструктивные характеристики микротурбины были смоделированы с использованием общих характеристик компрессора и расширителя, включенных в MATCAD. Эти характеристики представляют собой усреднение нескольких фактических характеристик турбомашин для аппроксимации компрессоров и расширителей традиционной конструкции, используемых в газовых турбинах.

ДОПУЩЕНИЯ И КОНСТАНТЫ:

• Эталонная температура и давление: Tref = 288 К, Pref = 101,325 кПа

Входные данные:

• Требуемая выходная мощность микротурбины: $\dot{W}$

• Температура и давление окружающей среды: Ta, Pa

Выходные данные:

• Массовый расход микротурбины, тепловая мощность и тепловая эффективность: $\dot{m}$, $\dot{Q}$, η_{th}

• Расход топлива микротурбины: $\dot{m}_f$

$$\dot{m}' = \frac{\dot{m}\,\frac{P_a}{P_{ref}}}{\sqrt{\frac{T_a}{T_{ref}}}} \tag{1}$$

$$\dot{m}_e' = \frac{\dot{m}_e\,\frac{P_{14}}{P_{ref}}}{\sqrt{\frac{T_{14}}{T_{ref}}}} \tag{2}$$

Путем расчета математической модели по вышеописанным формулам и данным в MATCAD была построена рабочая характеристика с номинальной частотой вращения путем изменения выходной мощности микротурбины от номинальной до синхронной на холостом ходу. Скорректированный массовый расход компрессора, Коэффициент Давления Компрессора (CPR), Коэффициент Давления Расширителя (EPR), изоэнтропическая эффективность и скорректированный массовый расход расширителя были затем приведены к значениям проектных точек для выявления закономерностей, как показано на Рисунке 2.

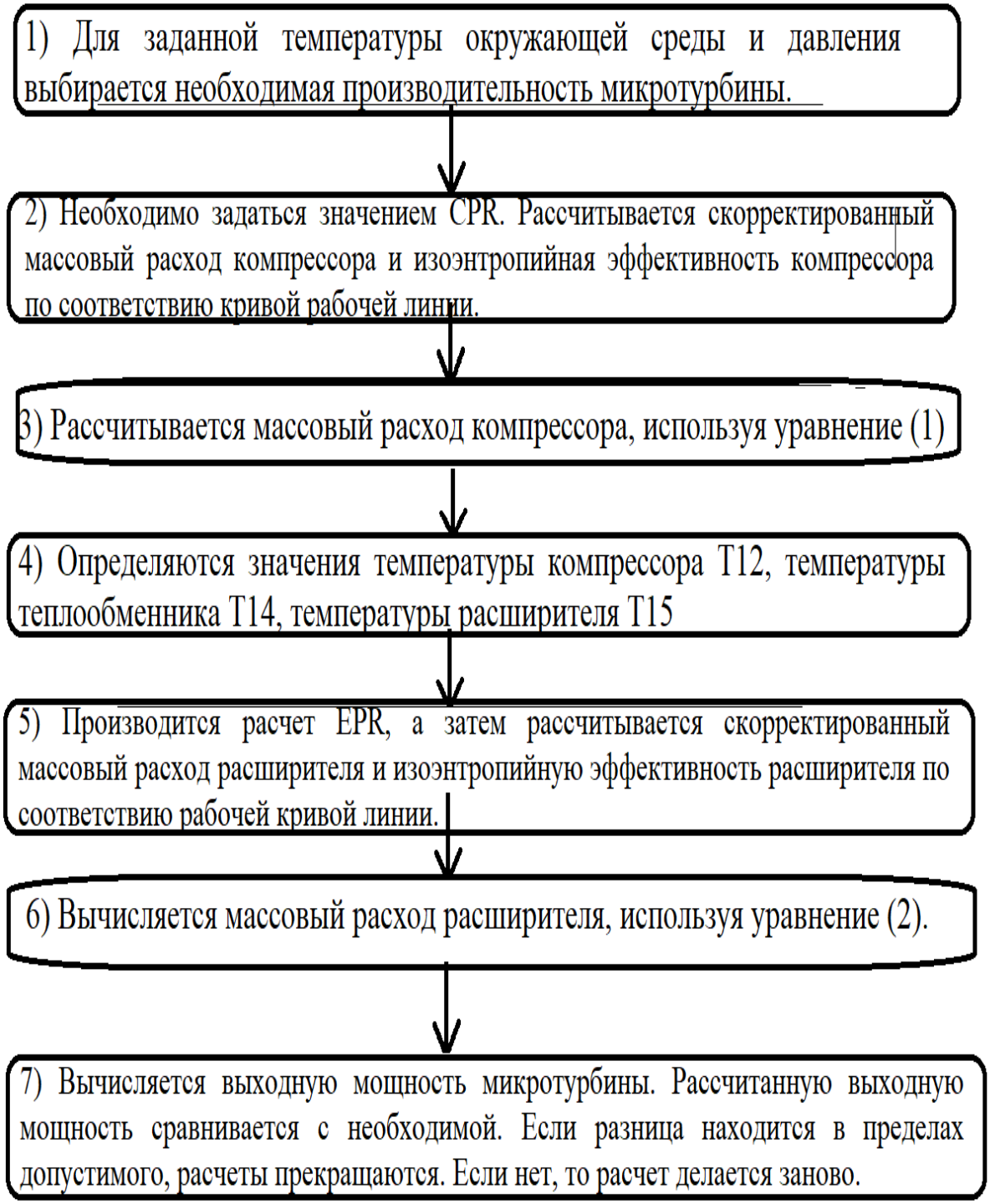


Рисунок 1 – Схема расчетов микротурбины

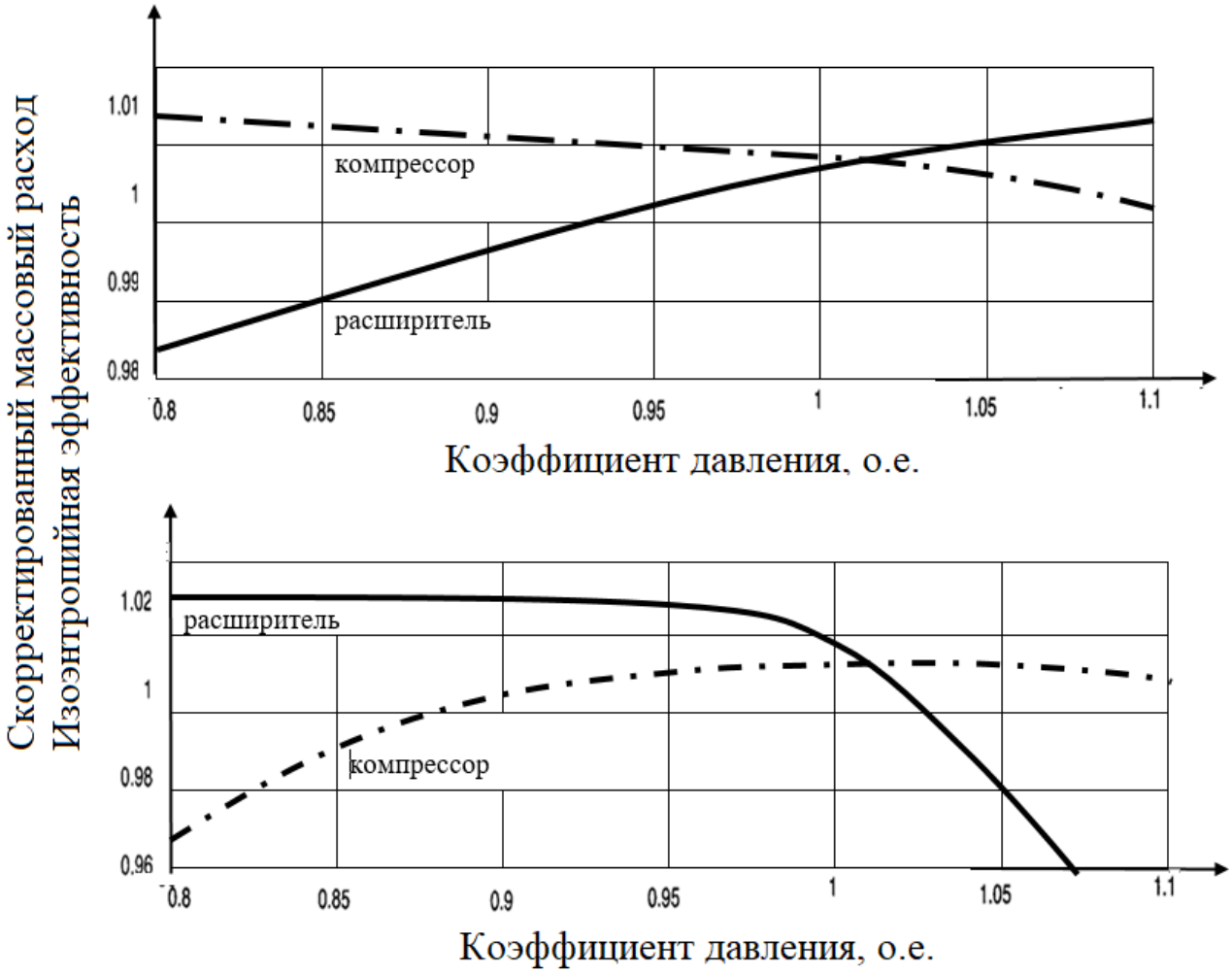


Рисунок 2 - Рабочие характеристики компрессора микротурбины и расширителя, нормированные по значениям расчетных точек

Рабочая линия была выражена в виде четырех участков кривой:

• Скорректированный массовый расход компрессора в зависимости от CPR.

• Изоэнтропийная эффективность компрессора в зависимости от CPR.

• Скорректированный массовый расход расширителя в зависимости от EPR.

• Изоэнтропийная эффективность расширителя в зависимости от EPR.

В данной работе была рассмотрена математическая модель микротурбины, построены рабочие характеристики компрессора микротурбины и расширителя, нормированные по значениям расчетных точек. На основании данных рабочих характеристик впоследствии можно выбирать выходную мощность микротубины для заданных условий работы. Мощность микротубины также выбирается из условия потребляемой мощности. Также математическая модель позволяет продемонстрировать протекающий режим Брайтона, свойственный режиму когенерации и обратный режим Брайтона,

свойственный режиму тригенерации.

Список литературы

1. Лимитовский, А.М. Электро- и теплоснабжение геологоразведочных работ // А.М.Лимитовский, А.Ю.Марков, М.В. Меркулов– М.: Недра, 1988.

2. Абрамович, Б.Н.Повышение эффективности газотурбинных установок в составе комплекса автономного электроснабжения / Б.Н.Абрамович, В.А. Моренов // Сборник материалов 11-ой конференции «Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых», Москва, 2014, с. 182-185.

3. Моренов, В.А. Повышение энергоэффективности электротехнического комплекса нефтедобывающих предприятий с утилизацией попутного нефтяного газа // Сборник трудов международной научно-практической конференции «Энергоэффективность энергетического оборудования», Санкт-Петербург, 2014, том 1, с. 171-174

4. Gockner, L. Major upgrade turns up heat at Simmering // L. Gockner, M. Heinrici, M. Wilkening // Modern Power Systems.- 2010.- Vol. 30 No. 10.- P. 25-30

СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК НАКОПИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ ПИТАНИЯ СОБСТВЕННЫХ НУЖД СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Митрофанов С.В., канд. техн. наук, доцент,
Перепелкин К.А.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Для снижения выбросов в атмосферу углекислого газа необходимо развивать технологии по его утилизации или уменьшению выбросов. Одним из направлений снижения углеродного следа является развитие технологий проектирования установок, работающих на возобновляемых источниках энергии. Так как многие возобновляемые источники энергии имеют стохастический характер (например, энергия ветра или солнца), необходимо развивать научные направления, связанные с накопителями электроэнергии.

В данной статье проведен сравнительный анализ накопителей электроэнергии, необходимых для питания собственных нужд солнечных электростанций. Проведено сравнение аккумуляторных батарей различных типов (серебряно-цинковые, литий-ионные, свинцово-кислотные, гелевые, литий-полимерные, никель-кадмиевые аккумуляторы), суперконденсаторов-ионисторов, водородных топливных элементов.

Выделены основные преимущества аккумуляторных батарей такие как:

– Высокая энергоемкость;

– Отсутствие “эффекта памяти” (литий-ионные, свинцово-кислотные, литий-полимерные, гелевые);

– Низкий саморазряд (исключение – никель-кадмиевые аккумуляторы);

– Большое количество циклов заряда/разряда (исключение – серебряно-цинковый аккумулятор);

– Возможность кратковременных разрядных режимов токами большой величины.

Основные недостатки аккумуляторных батарей:

– Высокая стоимость;

– Ограниченный диапазон рабочих температур (от 20 ºС до + 50 ºС);

– Требуют специальных устройств для контроля процесса заряда (литий-ионные, гелевые,);

– Чувствительны к глубине заряда/разряда (кроме литий-полимерных, серебряно-цинковых аккумуляторов).

Основные преимущества суперконденсаторов-ионисторов:

– Малое время заряда и разряда;

– Имеют гораздо меньшие габаритные размеры по сравнению с аккумуляторами;

– Не требуют обслуживания;

– Имеют длительный срок службы;
– Нет ограничений по количеству циклов заряда/разряда.

Основные недостатки суперконденсаторов-ионисторов:

– Высокая стоимость;
– Довольно малое напряжение на одном элементе ионистора;
– Высокий ток саморазряда;
– Необходимо принудительное охлаждение ячеек ионистора.

Основные преимущества водородно-топливных элементов:

– Высокая эффективность (до 65%);
– Экологичность;
– Нет жесткого ограничения на КПД;
– Высокая скорость и широкий диапазон изменения нагрузки.

Основные недостатки водородно-топливных элементов:

– Топливо – водород, высокие требования к чистоте топлива;
– При мощностях начиная с нескольких киловатт требуется более сложная и энергозатратная жидкостная система охлаждения. (особенно топливные элементы на твердых полимерных электролитах).

В результате проведенного сравнительного анализа можно сделать вывод, что применение аккумуляторных батарей и водородных топливных элементов в качестве источника электроэнергии является наиболее предпочтительными. Однако, водородные топливные элементы ввиду развития водородной энергетики в РФ, их экологичности и высоких технических характеристик являются наиболее перспективными, нежели аккумуляторные батареи.

Таблица 1 – Сравнительные характеристики накопителей электроэнергии

П/п	Направление	Объекты исследования	Авторы
1	Аккумуляторные батареи	Серебряно-цинковые АБ	Ширшиков Д.Н., Торопцева Т.Н., Романов В.В. [1,2,3]
		Литий-ионные АБ	Саито Такамицу, Илья Тимонин, Кебеков Т.В. Хрусталев Д.А. [4,5,6,7]
		Свинцово-кислотные АБ	Тимонин И., Ягнитинский В.М. [5,8]
		Гелевые АБ	Чупашев С.В. [9]
		Литий-полимерные АБ	Гобозов М.Д., Набиев Р.Н. [6,10]
		Никель-кадмиевые АБ	Спирин М.С., Кашапов Ш.В.[1,11]

Продолжение таблицы 1

2	Конденсатор	Суперконденсатор-ионистор	Закалюжный А.А., Тарабанов В.Н.[12,13]
3	Водородный топливный элемент	Твердооксидный топливный элемент	Лебедева М.В., Яштулов Н.А.[14]
		ТЭ на твердых полимерных электролитах	
		Водородно-кислотный ТЭ	Цивадзе А.Ю. [15]

Список литературы

1. Спирин М.С., Ширшиков Д.Н., Забелина С.А., Михалев А.А. Сравнительный анализ малогабаритных щелочных аккумуляторных батарей // Сборник статей Международной научно-практической конференции 2 декабря 2018 г.. – М.,: ЕФИР, 2018. - С. 24-27.

2. Патент РФ № 1067553 01.10.1982. Серебряно-цинковый аккумулятор // Патент России № 3495625. 1984. / Торопцева Т.Н., Басова И.Я., Маренникова Т.С., Казакевич Г.З., Черноглазов А.П.

3. Романов В.В. Химические источники тока. - 2-е изд. - М.,: 1978. - 142-173 с.

4. Патент РФ № 2013106907/07 11.07.2011. Литий-ионная аккумуляторная батарея. Устройство восстановления емкости батареи и способ восстановления емкости батареи// Патент России № 2538775. 2015. Бюл. № 1. / Саито Такамицу, Сакагути Синитиро, Ивасаки Ясуказу, Сакамото Казуюки.

5. Тимонин И. Сравнение аккумуляторных батарей различного типа // Электроэнергия. Передача и распределение. - 2014. - №23. - С. 78-80.

6. Кебеков Т.В., Гобозов М.Д. Литиевые вторичные химические источники тока, анализ и сравнение литий-ионных аккумуляторов и литий-полимерных аккумуляторов // Сборник статей Международного научно-исследовательского конкурса. - Пенза: Общество с ограниченной ответственностью "Наука и просвещение", 2021. - С. 80-83.

7. Хрусталев Д.А. Аккумуляторы. - М.: Изумруд, 2003. - 224 с.

8.Ягнитинский В.М., Курзуков Н.И. Аккумуляторные батареи. - За рулем, 2006. - 88 с.

9. Чупашев С.В., Лешик П.И., Лешик А.И. Перспективы развития гелевых аккумуляторов // Сборник научных статей по итогам работы Международного научного форума. - Уфа: Инфинити, 2019. - С. 123-125.

10. Набиев Р.Н.О., Газарханов А.Т.О., Абдуллаев А.А.О., Гараев Г.И.О. Сравнительный анализ особенностей аккумуляторных батарей на основе лития // Авиакосмическое приборостроение . - 2019. - №9. - С. 42-55.

11. Патент РФ № 2012135024/07, 15.06.2012.Никель-кадмиевый щелочной аккумулятор // Патент России № 124843. 2013. Бюл. № 4. / Кашапов Ш.В.

12. Закалюжный А.А., Абалов А.А. Использование конденсатора в качестве замены электрического аккумулятора // Современные проблемы электроэнергетики и пути их решения. - Махачкала: Дагестанский государственный технический университет, 2018. - С. 211-214.

13. Тарабанов В.Н. Нанотехнологии, аккумуляторы и суперконденсаторы-ионисторы // Вопросы оборонной техники. серия 16: технические средства противодействия терроризму. - 2012. - №9-10. - С. 96-101.

14. Лебедева М.В., Яштулов Н.А. Топливные элементы - характеристика, физико-химические параметры, применение. - М.: Мир науки, 2020.

15. Цивадзе А.Ю., Тарасович М.Р., Андреев В.П., Богдановская В.А. Перспективы создания // Российский химический журнал. - 2006. - №6. - С. 109-114.

ОБЗОР ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ОБЛАСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ, РАБОТАЮЩИХ НА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКАХ ЭНЕРГИИ

Митрофанов С.В., канд. техн. наук, доцент, Петров В.В.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Ключевые слова: Солнечная электростанция, энергетика, возобновляемые источники энергии, автоматизация, фотоэлектрические системы.

На сегодняшний день, приоритетом многих ведущих стран мира является поиск альтернатив органическому топливу. Правительством Российской Федерации была введена программа ДПМ ВИЭ [1], рассчитанная до 2024 года на стимулирование развития ВИЭ-генерации в ЕЭС России за счет гарантированной в течение определенного времени оплаты мощности по договору о предоставлении мощности на оптовый рынок, заключенному с владельцем электростанции. Так согласно статистике Министерства энергетики Российской Федерации в 2020г. в эксплуатацию в России введено порядка 1 ГВт новой мощности ВИЭ[1]. Реализация введенной программы повышает инвестиционную привлекательность производства электрической энергии на основе возобновляемых источников энергии на розничных рынках.

Требования при проектировании электростанций на основе возобновляемых источников энергии сильно различаются. Климатические условия в месте установки, количество эффективных солнечных часов, энергия ветра, количество облачно-дождливых дней в году, площадь для установки, планируемые графики потребления, необходимость накопления электроэнергии, необходимость установки сетевого инвертора и использования «зеленого тарифа» в часы избыточной генерации, автономность проекта и сложность эксплуатации, особенности условий строительства, стоимость и рентабельность проекта на протяжении среднего срока эксплуатации делают каждый проект уникальным. Инженеры-проектировщики каждый раз создают новое решение под индивидуальные условия заказчика. В связи с этим большое внимание уделяется разработке систем автоматизированного проектирования электростанций на основе возобновляемых источников энергии. Необходимо чтобы система обеспечивала максимальную гибкость при разработке нового проекта.

Также эффективность системы проектирования определяет баланс между стоимостью и производительностью электростанции.

В сети интернет можно найти множество компаний, предоставляющих автоматизированные программы-конфигураторы для создания на основе индивидуальных исходных данных предварительного проекта электрической станции на основе возобновляемых источников энергии.

В рамках обзора существующих программных продуктов в области проектирования электрических станций на основе возобновляемых источниках

энергии были выделены и проанализированы основные продукты рынка разработки проектов электрических станций, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Программные продукты

№	Название	Разработчик
1	RealSolar[1]	Компания «Реалсолар»
2	BetaEnergy[2]	Компания «БетаЭнерджи»
3	Helios House[3]	Компания «Helios House»
4	E-Solarpower[4]	Компания «Технолайн»
5	Prospect[5]	Company Solargis
6	RETScreen[6]	Innovation laboratoryRETScreen
7	System Advisor Model[7]	NationalRenewable Energy Laboratory
8	PV*SOL premium[8]	Valentin Software
9	Fronius Solar.Configurator 4.0[11]	Fronius Solar Energy

Для выявления лучшего программного продукта были выделены основные критерии, которые следует учитывать при выборе систем проектирования электрических станций на основе возобновляемых источников энергии:

1. Учет местоположения электростанции;
2. Возможность проектирования с функцией накопления энергии;
3. Большая база оборудования или возможность работы системы проектирования с использованием оборудования заказчика;
4. Учет температуры модулей солнечных панелей;
5. Возможность выбора различной размерной конфигурации электростанции;
6. Создание отчета выбранной конфигурации;
7. Возможность составление графиков нагрузок и генерирования;
8. Расчет годовой выработки конфигурации электростанции;
9. Возможность проектирования с использованием сетевого инвертора;
10. Экономическая оценка стоимости и рентабельности проекта.

Для выявления лидера рынка в области систем проектирования электрических станций на основе возобновляемых источников энергии был проведен анализ программных продуктов по выделенным критериям и составлена таблица 2. Для анализа были взяты выделенные ранее критерии под соответствующими номерами.

Таблица 2 – Перечень основных достоинств и недостатков

Название	Критерии									
	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	№9	№10
RealSolar	+	-	-	-	-	+	+	+	-	+
BetaEnergy	+	+	-	-	+	+	-	-	+	-
Helios House	+	+	+	-	-	+	+	+	-	+
E-Solarpower	+	-	+	-	-	+	+	+	-	+
Prospect	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+
RETScreen	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
System Advisor Model	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
PV*SOL premium	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Fronius Solar.Configurator 4.0	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+

Среди продуктов русскоязычного сегмента рынка на основесравнительного анализа по выделенным критериям лидером является продукт «HeliosHouse». В зарубежном сегменте рынка лидерами являются RETScreen и PV*SOLpremium.

Список литературы

1. Система государственного стимулирования хранения электроэнергии в России. Министерство энергетики. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://minenergo.gov.ru/node/489

2. Методика расчета мощности автономной солнечной электростанции для нужд освещения лаборатории энергосбережения и энергоэффективности. Митрофанов С.В., Немальцев А.Ю. В сборнике: Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры Материалы Всероссийской научно-методической конференции. 2016. С. 333-337.

3. Переносная солнечная электростанция с автономной системой слежения за солнцем. Митрофанов С.В., Немальцев А.Ю. В сборнике: Энергетика: состояние, проблемы, перспективы ТРУДЫ VII Всероссийской

научнотехнической конференции. Материалы сборника опубликованы в авторской редакции. 2014. С. 40-44.

4. Калькулятор расчета солнечной электростанции RealSolar [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://realsolar.ru/on-line-calc/

5. Расчёт системы BetaEnergy [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://www.betaenergy.ru/calculator/

6. On-linekалькулятор солнечной, ветровой и тепловой энергии Helios-House [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://www.helios-house.ru/on-line-kalkulyator.html

7. Калькуляторсолнечных батарей для расчета выработки электрической энергии и окупаемостиТехнолайн [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://e-solarpower.ru/kalkulyator-vyrabotki-sb/

8. Weather data and software for solar power investments SOLARGIS [Электронныйресурс] - Режимдоступа: https://solargis.com/

9. Data analysis software and modeling tools RETScreen [Электронныйресурс] - Режимдоступа: https://www.nrcan.gc.ca/maps-tools-and-publications/tools/modelling-tools/retscreen/7465

10. TheSystemAdvisorModel [Электронныйресурс] - Режимдоступа: https://sam.nrel.gov/

11. The design and simulation software for photovoltaic systems PV*SOL premium [Электронныйресурс] - Режимдоступа: https://valentin-software.com/en/products/pvsol-premium/

12. Planningofphotovoltaicsystems Solar.Configurator 4.0 [Электронныйресурс] - Режимдоступа: https://fronius.solarconfigurator.de/solar.configurator/Quick

ВЫБОР ВИДА ФУНКЦИИ ПЕРЕХОДА ОТ ЕДИНИЦ ЭКСПОЗИЦИОННОЙ ДОЗЫ К ЕДИНИЦАМ АМБИЕНТНОЙ ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ДОЗЫ

Мишуков М.А., Коротков Ю.В.,
Петрушанский М.Г., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Одним из основных требований, предъявляемых к разрабатываемым и эксплуатируемым рентгеновским аппаратам, является обеспечение радиационной безопасности за счет рационального выбора средств защиты от неиспользуемого рентгеновского излучения. В работе [1] была получена формула для расчета значения коэффициента ослабления излучения свинцовым рентгенозащитным фильтром. Для применения указанной формулы нужно выбрать вид функции $F10(E)$, которая выражает зависимость от энергии квантов рентгеновского излучения E коэффициента перехода $f_{(10)}$ между единицами экспозиционной дозы (Р) и единицами амбиентной эквивалентной дозы (Зв). Дискретные величины коэффициента перехода $f_{(10)}$ даны в ГОСТ 8.087-2000 [2] (таблица 1).

Таблица 1 – Коэффициент перехода между единицами экспозиционной дозы и единицами амбиентной эквивалентной дозы

Энергия квантов E, кэВ	Коэффициент перехода $f_{(10)}$, Зв/Р
10	0,88
15	0,25
20	0,53
25	0,75
30	0,96
40	1,29
50	1,46
60	1,52
70	1,53
80	1,51
90	1,47
100	1,44
125	1,37
150	1,31

Непрерывную в диапазоне энергий E от 10 до 150 кэВ функцию $F10(E)$ можно задать разными способами.

Первым вариантом представления функции $F10(E)$ является ее аппроксимация в неявном виде. На рисунке 1 показан пример такой аппроксимации встроенными средствами системы MathCAD.

$$E := \begin{pmatrix} 10 \\ 15 \\ 20 \\ 25 \\ 30 \\ 40 \\ 50 \\ 60 \\ 70 \\ 80 \\ 90 \\ 100 \\ 125 \\ 150 \end{pmatrix} \qquad f_{(10)} := \begin{pmatrix} 0.088 \\ 0.25 \\ 0.53 \\ 0.75 \\ 0.96 \\ 1.29 \\ 1.46 \\ 1.52 \\ 1.53 \\ 1.51 \\ 1.47 \\ 1.44 \\ 1.37 \\ 1.31 \end{pmatrix} \qquad F10(E) := \mathrm{interp}\left[\mathrm{cspline}\left[E, f_{(10)}\right], E, f_{(10)}, E\right]$$

Рисунок 1 – Аппроксимация функции $F10(E)$ в неявном виде

На рисунке 2 показаны зависимости от энергии значений коэффициента $f_{(10)}$ и заданной в неявном виде функции $F10(E)$.

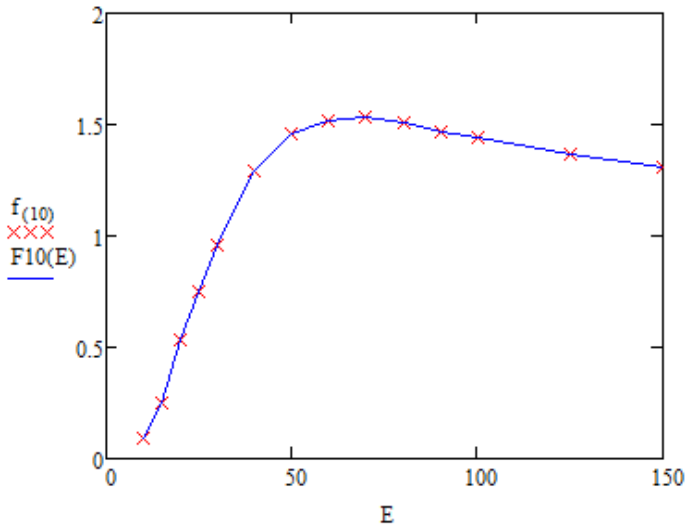


Рисунок 2 – Зависимости значений коэффициента $f_{(10)}$ и заданной в неявном виде функции $F10(E)$ от энергии E, кэВ

Рисунок 2 показывает, что для одинаковых значений энергии функция $F10(E)$ совпадает с дискретными величинами коэффициента $f_{(10)}$. Тем

не менее, для некоторых случаевприменение функции, заданной в неявном виде, может оказаться неудобным.

Вторым вариантомпредставления функции $F10(E)$является ее аппроксимация в явном виде, например, с использованием полинома N-й степени. Найдем степень полинома, дающего наилучший результат. На рисунке 3 представлен результат аппроксимации полиномом 3 степени.

$$F3(E) := \begin{pmatrix} 1 \\ E \\ E^2 \\ E^3 \end{pmatrix}$$

$$k := \mathrm{linfit}(E, f10, F3)$$

$$k = \begin{pmatrix} -0.612 \\ 0.073 \\ -7.704 \times 10^{-4} \\ 2.477 \times 10^{-6} \end{pmatrix}$$

$$f3(E) := k_0 + k_1 \cdot E + k_2 \cdot E^2 + k_3 \cdot E^3$$

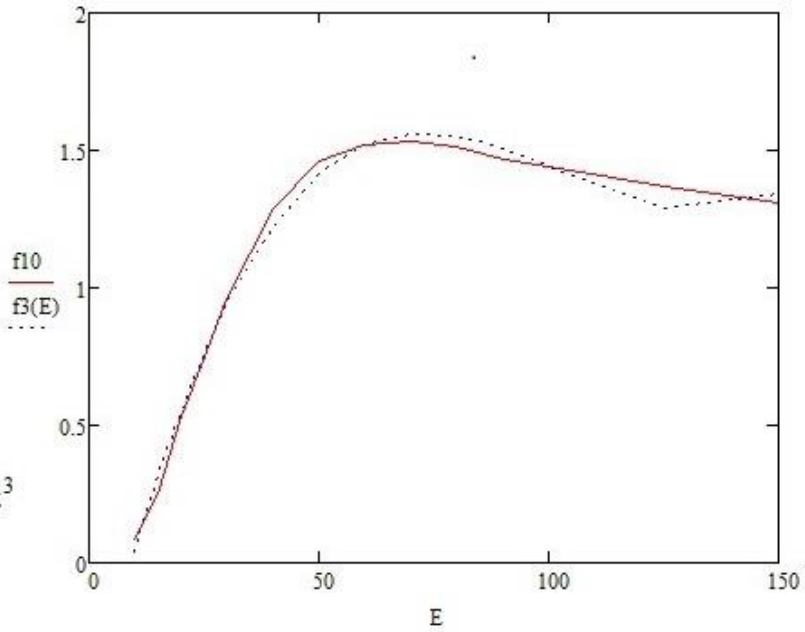


Рисунок 3 – Аппроксимация функции $F10(E)$полиномом 3 степени

Проведенныерасчеты показали, что погрешность аппроксимации функции $F10(E)$полиномом 3 степени составляетболее 1 %.

Аппроксимация функции $F10(E)$полиномом 4 степени, при которой погрешность составила 0,9 %, показана на рисунке 4.

$$F4(E) := \begin{pmatrix} 1 \\ E \\ E^2 \\ E^3 \\ E^4 \end{pmatrix}$$

$$k := \mathrm{linfit}(E, f10, F4)$$

$$k = \begin{pmatrix} -0.728 \\ 0.084 \\ -1.075 \times 10^{-3} \\ 5.464 \times 10^{-6} \\ -9.548 \times 10^{-9} \end{pmatrix}$$

$$f4(E) := k_0 + k_1 \cdot E + k_2 \cdot E^2 + k_3 \cdot E^3 + k_4 \cdot E^4$$

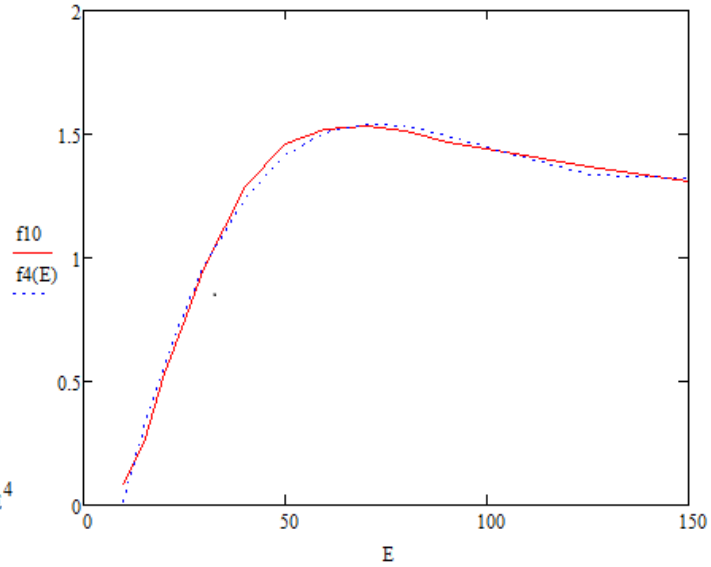


Рисунок 4 – Аппроксимация функции $F10(E)$ полиномом 4 степени

Использование для аппроксимации функции $F10(E)$ полинома5 степени показано на рисунке 5.

$$F5(E) := \begin{pmatrix} 1 \\ E \\ E^2 \\ E^3 \\ E^4 \\ E^5 \end{pmatrix} \qquad k := \mathrm{linfit}(E, f10, F5)$$

$$k = \begin{pmatrix} -0.473 \\ 0.051 \\ 2.234 \times 10^{-4} \\ -1.58 \times 10^{-5} \\ 1.419 \times 10^{-7} \\ -3.881 \times 10^{-10} \end{pmatrix}$$

$$f5(E) := k_0 + k_1 \cdot E + k_2 \cdot E^2 + k_3 \cdot E^3 + k_4 \cdot E^4 + k_5 \cdot E^5$$

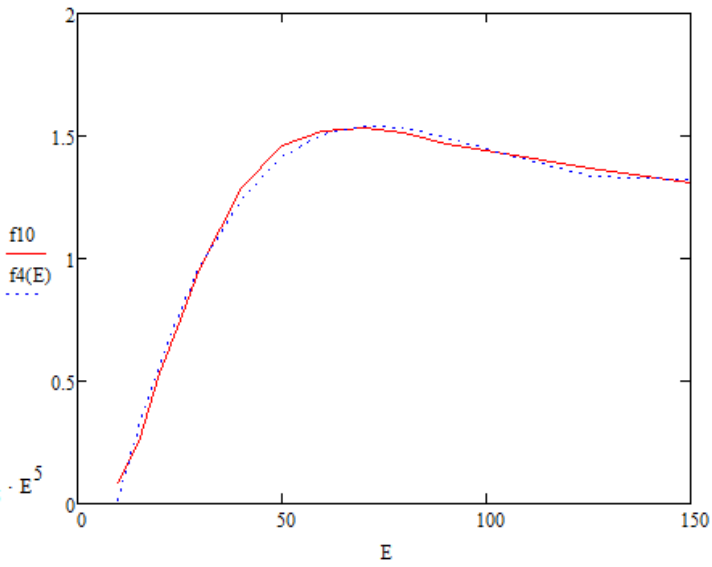


Рисунок 5 – Аппроксимация функции $F10(E)$ полиномом 5 степени

Погрешность аппроксимации при этом составила 0,6 %.

Аппроксимация полиномом 6 степени, при которой погрешность равна 0,3%, показана на рисунке 6.

$$F6(E) := \begin{pmatrix} 1 \\ E \\ E^2 \\ E^3 \\ E^4 \\ E^5 \\ E^6 \end{pmatrix} \qquad k := \mathrm{linfit}(E, f10, F6)$$

$$k = \begin{pmatrix} -0.116 \\ -6.482 \times 10^{-3} \\ 3.37 \times 10^{-3} \\ -9.222 \times 10^{-5} \\ 1.053 \times 10^{-6} \\ -5.584 \times 10^{-9} \\ 1.133 \times 10^{-11} \end{pmatrix}$$

$$f6(E) := k_0 + k_1 \cdot E + k_2 \cdot E^2 + k_3 \cdot E^3 + k_4 \cdot E^4 + k_5 \cdot E^5 + k_6 \cdot E^6$$

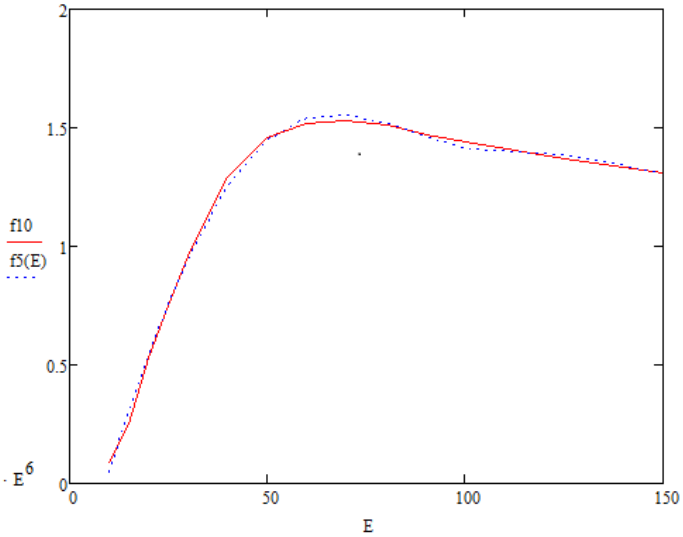


Рисунок 6 – Аппроксимация функции $F10(E)$ полиномом 6 степени

Применение для аппроксимациифункции перехода $F10(E)$ полинома7 степени, для которого погрешность составила менее 0,3 %, показано на рисунке 7.

$$F7(E) := \begin{pmatrix} 1 \\ E \\ E^2 \\ E^3 \\ E^4 \\ E^5 \\ E^6 \\ E^7 \end{pmatrix} \qquad k := \mathrm{linfit}(E, f10, F7)$$

$$k = \begin{pmatrix} -5.274 \times 10^{-3} \\ -0.031 \\ 5.173 \times 10^{-3} \\ -1.553 \times 10^{-4} \\ 2.204 \times 10^{-6} \\ -1.683 \times 10^{-8} \\ 6.694 \times 10^{-11} \\ -1.09 \times 10^{-13} \end{pmatrix}$$

$$f7(E) := k_0 + k_1 \cdot E + k_2 \cdot E^2 + k_3 \cdot E^3 + k_4 \cdot E^4 + k_5 \cdot E^5 + k_6 \cdot E^6 + k_7 \cdot E^7$$

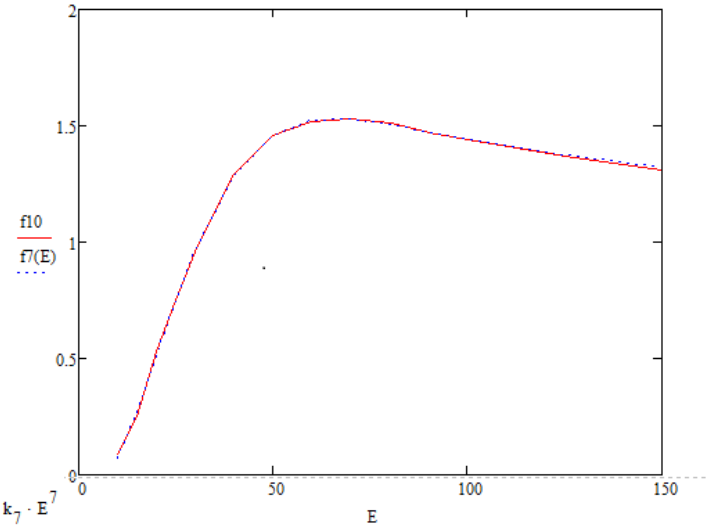


Рисунок 7 – Аппроксимация функции $F10(E)$ полиномом 7 степени

Аппроксимация полиномом 8 степени показана на рисунке 8.

$$F8(E) := \begin{pmatrix} 1 \\ E \\ E^2 \\ E^3 \\ E^4 \\ E^5 \\ E^6 \\ E^7 \\ E^8 \end{pmatrix} \qquad k := \mathrm{linfit}(E, f10, F8)$$

$$k = \begin{pmatrix} 0 \\ 8.768 \times 10^{-7} \\ 1.465 \times 10^{-5} \\ 1.549 \times 10^{-4} \\ -6.857 \times 10^{-6} \\ 1.264 \times 10^{-7} \\ -1.182 \times 10^{-9} \\ 5.537 \times 10^{-12} \\ -1.031 \times 10^{-14} \end{pmatrix}$$

$$f8(E) := k_0 + k_1 \cdot E + k_2 \cdot E^2 + k_3 \cdot E^3 + k_4 \cdot E^4 + k_5 \cdot E^5 + k_6 \cdot E^6 + k_7 \cdot E^7 + k_8 \cdot E^8$$

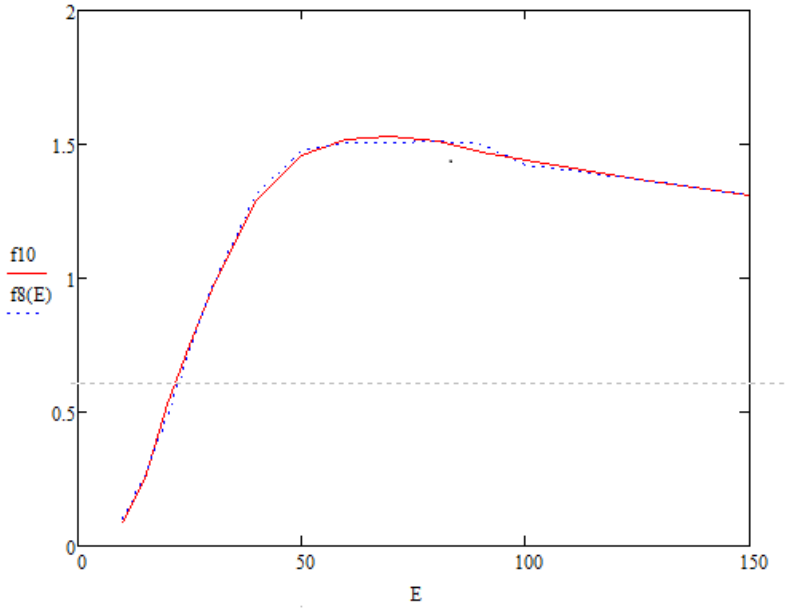


Рисунок 8 – Аппроксимация функции $F10(E)$ полиномом 8 степени

Погрешность аппроксимации при этом превышает 0,5 %.Дальнейшееповышение степени аппроксимирующего полинома приводит к увеличению погрешности.

Таким образом, лучший результат аппроксимации функции перехода достигается при использовании полинома 7 степени.Применение такого варианта представления функции перехода $F10(E)$ от единиц экспозиционной дозы к единицам амбиентной эквивалентной дозыпозволяет с наименьшей погрешностью рассчитывать значения коэффициента ослабления излучения свинцовыми рентгенозащитными фильтрамидля разных условий генерирования излучения и использовать результаты расчета при проектировании рентгеновских аппаратов.

Список литературы

1. Петрушанский, М.Г. Математическое обеспечение способа расчета радиационной защиты / М.Г.Петрушанский, Д.С.Баязитов // Методы компьютерной диагностики в биологии и медицине – 2017: материалы Всерос. школы-семинара. / под ред. профессор Д. А. Усанова. – Саратов: Изд-во Саратовский источник, 2017. – С. 88 – 90.

2. Установки дозиметрические рентгеновского и гамма-излучений эталонные. Методика поверки по мощности экспозиционной дозы и мощности кермы в воздухе: ГОСТ 8.087–2000. – М.: 2001.

ПРОВОДИМОСТЬ ПАЗОВОГО РАССЕЯНИЯ ОВАЛЬНЫХ ПАЗОВ КОРОТКОЗАМКНУТЫХ ОБМОТОК РОТОРА МНОГОПОЛЮСНЫХ АСИНХНОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ВЫСОТОЙ ОСИ ВРАЩЕНИЯ СВЫШЕ 250 ММ

Кутарев А.М., канд. техн. наук, доцент,
Падеев А.С., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

В асинхронных двигателях с короткозамкнутым ротором с высотой оси вращения $h \geq 280$ мм с числом полюсов $2p \geq 4$ находят применение закрытые овальные пазы с узкой частью со стороны воздушного зазора. Исполнение пазов и принятые обозначения показаны на рисунке 1.

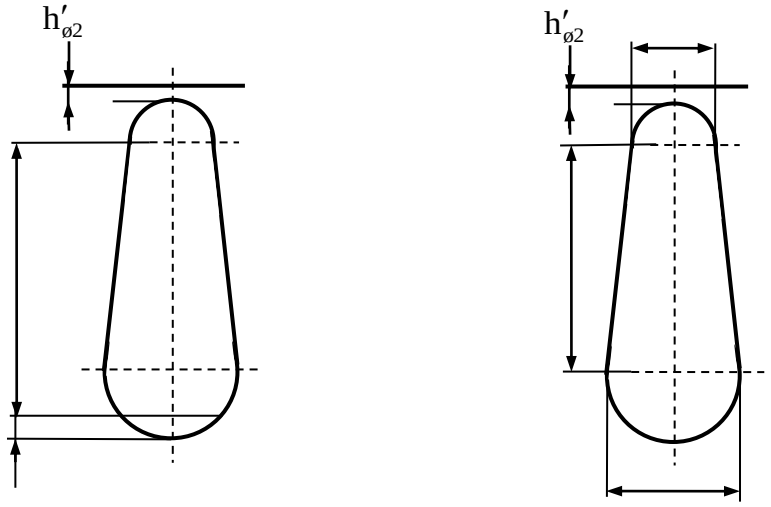


Рисунок 1 - Овальные пазы ротора

Коэффициент удельной проводимости пазового рассеяния короткозамкнутой обмотки ротора, с пазами рассматриваемой конфигурации, определяется по выражению [1]

$$\lambda_{n2} = \left[\frac{h_0}{3 \cdot d_1} \cdot \left(1 - \frac{\pi \cdot d_1^2}{8 \cdot q_c}\right)^2 + 0{,}66 - \frac{b_{ш2}}{2 \cdot d_1}\right] \cdot k_\partial + 0{,}3 + 1{,}12 \cdot \left(\frac{h_2'}{I_2}\right) \cdot 10^6, \quad (1)$$

где $k_\partial = \varphi'$ - коэффициент демпфирования;

$h'_{ш2}$ - толщина ферромагнитной перемычки над пазом, м;

I_2 - ток паза ротора, А;

d_1 - диаметр верхней (ближе к зазору) части паза ротора, м;

d_2 - диаметр нижней (у дна паза) части паза ротора, м;

q_c - сечение стержня, м^2;

$h_o = h_{12} + 0,4*d_2$ – расчётная высота паза ротора, м;
h_{12} – расстояние между центрами паза ротора, м (рисунок 1).

Цель работы состоит в том, чтобы определить требования к результатам расчёта магнитного поля пазового рассеяния для определения удельного коэффициента пазового рассеяния овального паза $\lambda_{п2}$.

Расчёт коэффициента пазового рассеяния по формуле (1) производился для установившегося режима работы, поэтому коэффициент демпфирования принимался равным единице ($k_\partial = 1$).По конфигурации паз не имеет шлица, поэтому принималась ширина шлица $b_{ш2} = 0$.

Магнитное поле в активной зоне машины рассматривалось как двухмерное плоскопараллельное магнитное поле. Расчётмагнитного поля выполнялся с помощью векторного потенциала $\bar{A} = \bar{k} \cdot A_z$. Для расчётов выбран метод конечных разностей (МКР). С целью ускорения сходимости итерационного процесса использовался метод верхней релаксации с корректировкой (или без корректировки) коэффициента релаксации β. Дополнительно использовалась корректировка решения, основанная на использовании аддитивного варианта закона полного тока [2, 3].

Одним из вариантов расчёта магнитного поля был расчёт в смешанной системе координат. Для описания линии полуокружности части паза со стороны зазора (диаметром d_1) и у дна паза (диаметром d_2) использовалась цилиндрическая система координат. Для описания средней (трапециевидной) части паза использовалась ортогональная система координат. Технология нанесения сетки в смешанной системе координат и стыковка решений в подобластях описана в работе [3]. В этой же работе описана методика вычисления коэффициента проводимости пазового рассеяния, для токовой зоны паза. Расчёт соответствующей части проводимости пазового рассеяния вычислялся по аналитическому выражению

$$\lambda_{п2} = \left[\frac{h_0}{3 \cdot d_1} \cdot \left(1 - \frac{\pi \cdot d_1^2}{8 \cdot q_c}\right)^2 + 0,66 - \frac{b_{ш2}}{2 \cdot d_1}\right] \cdot k_\partial. \qquad (2)$$

Численное исследование влияния условий организации вычислительного процесса на параметры проводилось по изменению значения коэффициента удельной проводимости пазового рассеяния. Расчётная область ограничивалась линией внутренней поверхности паза (граница воздух – железо с бесконечно большой магнитной проницаемостью). Паз имел размеры:

- d_1= 0,0036 м – диаметр верхней части паза (со стороны воздушного зазора);
- d_2= 0,0068 м – диаметр нижней части паза (у дна паза);
- h_{12} = 0,0204 м – расстояние между центрами;
- h_0 = 0,02184 м – расчётный размер паза.

Начальное значение коэффициента верхней релаксации составило$\beta = 1{,}82$. В ходе расчётов магнитного поля коэффициент релаксации β оставался неизменным.

Требуемая относительная точность $\{max[abs(\nabla A[i,j]/A[i,j])]\} \leq 10^{-10}$ была достигнута за 3931 итерацию. Последующие тридцать (30) итераций выполнялись при $\beta = 1$. Коэффициент удельной проводимости пазового рассеяния составил **λ = 2,5236.**Вычисление коэффициента удельной проводимости пазового рассеяния по формуле (2) дало следующий результат **λ = 2,6356.**

Сходимость итерационного процесса оценивалась по выполнению закона полного тока, и характеризуется данными, представленными в таблице 1.

Таблица 1

Проверка выполнения закона полного тока в третьей области			
Ток T3	Hdl3	T3 - Hdl3	Hdl3/T3
14.260	14.260	-0.0000000062	1.0000000004
28.322	28.322	0.0000000076	0.9999999997
48.184	48.184	0.0000000092	0.9999999998
Проверка выполнения закона полного тока в четвёртой области			
Ток T4	Hdl4	T4 - Hdl4	Hdl4/T4
146.854	146.961	-0.1065484942	1.0007255382
269.442	269.548	-0.1065484630	1.0003954413
374.844	374.951	-0.1065484541	1.0002842471
424.369	424.476	-0.1065484523	1.0002510748
Проверка выполнения закона полного тока в пятой области			
Ток T5	Hdl5	T5 - Hdl5	Hdl5/T5
424.369	424.369	-0.1065484500	1.0002510748

В ходе вычислительного эксперимента требуемая точность вычислений снижалась с 10^{-10}до10^{-7}. При этом значение коэффициента удельной проводимости не изменялось, а требуемое число итераций снизилось до 2216.

Выполнялся расчёт магнитного поля с требуемой точностью 10^{-6}. Условия расчёта магнитного поля пазового рассеяния сохранились. Получены следующие результаты:

-требуемая относительная точность достигнута за 1691 итерацию;

- коэффициент удельной проводимости пазового рассеяния составил **λ = 2,5234** (начал снижаться);

- сходимость итерационного процесса оценивалась по выполнению закона полного тока. Отношение Hdl/T по всем контурам интегрирования было близким к единице (Hdl–интеграл по выбранному контуру интегрирования; T – ток «внутри» контура интегрирования).

В расчётах магнитного поля с требуемой точностью 10^{-6}и корректировкой коэффициента верхней релаксации в ходе итераций (начальное значение $\beta = 1{,}9$) получены следующие результаты:

-требуемая относительная точность достигнута за 1582 итерации. Коэффициент верхней релаксации изменялся в пределах от 1,9 до 1,79;

- коэффициент удельной проводимости пазового рассеяния составил **λ = 2,5233**;

- отношение Hdl/T, характеризующее сходимость итерационного процесса, по всем контурам интегрирования стало лучше.

Понижение точности расчёта магнитного поля до 10^{-5}, в расчётах магнитного поля с корректировкой коэффициента верхней релаксации, дало следующие результаты:

-требуемая относительная точность достигнута за 1251 итерацию. Коэффициент верхней релаксации изменялся в пределах от 1,9 до 1,79;

- коэффициент удельной проводимости пазового рассеяния составил **λ = 2,5217**;

- сходимость итерационного процесса характеризуется данными, представленными в таблице 2.

Таблица 2

Проверка выполнения закона полного тока в третьей области			
Ток T3	Hdl3	T3 - Hdl3	Hdl3/T3
14.260	14.245	0.0151825786	0.9989352813
28.322	28.294	0.0281105425	0.9990074712
48.184	48.140	0.0439597851	0.9990876758
Проверка выполнения закона полного тока в четвёртой области			
Ток T4	Hdl4	T4 - Hdl4	Hdl4/T4
146.854	146.817	0.0374623067	0.9997449017
269.442	269.310	0.1319504231	0.9995102825
374.844	374.671	0.1730970843	0.9995382162
424.369	424.198	0.1806139443	0.9995743945
Проверка выполнения закона полного тока в пятой области			
Ток T5	Hdl5	T5 - Hdl5	Hdl5/T5
424.369	424.189	0.1806139466	0.9995743945

Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности выполнять расчёты магнитного поля с относительной погрешностью не выше 10^{-6}.

Расчёт магнитного поля выполнялся методом конечных разностей с использованием метода верхней релаксации. Решение дополнительно корректировалось по аддитивному варианту закона полного тока.

Начальное значение коэффициента верхней релаксации принималось$\beta = 1{,}6$. В ходе расчётов коэффициент β корректировался.

Требуемая относительная точность $\{max[abs(\nabla A[i,j]/A[i,j])]\} \leq 7 * 10^{-7}$ достигнута за **1560** итерации. Последующие тридцать (30) итераций выполнялись при $\beta = 1$. Коэффициентудельной проводимости пазового рассеяния составил **λ = 2,5228.** Сходимость итерационного процесса оценивалась по выполнению закона полного тока.

Снижение точности расчёта магнитного поля до 10^{-6} при начальном значении коэффициента $\beta = 1{,}6$ с последующей корректировкой решения по закону полного тока и коэффициента β в ходе итераций дало следующие результаты:

-требуемая относительная точность достигнута за 1056 итераций;

- коэффициент удельной проводимости пазового рассеяния составил **λ = 2,5228;**

- сходимость итерационного процесса по выполнению закона полного тока характеризуется результатами, представленными в таблице 3.

Таблица 3

Проверка выполнения закона полного тока в третьей области			
Ток T3	Hdl3	T3 - Hdl3	Hdl3/T3
14.260	14.260	-0.0000000055	1.0000000004
28.322	28.322	-0.0000000041	1.0000000003
48.184	48.184	-0.0000000002	1.0000000000
Проверка выполнения закона полного тока в четвёртой области			
Ток T4	Hdl4	T4 – Hdl4	Hdl4/T4
146.854	146.854	0.0000292729	0.9999998007
269.442	269.442	0.0000005667	0.9999999979
374.844	374.844	0.0000000540	0.9999999999
424.369	424.369	0.0000000009	1.0000000000
Проверка выполнения закона полного тока в пятой области			
Ток T5	Hdl5	T5 - Hdl5	Hdl5/T5
424.369	424.369	-0.0000005141	1.0000000012

Расчёты магнитного поля пазового рассеяния с корректировкой решения по закону полного тока и корректировкой коэффициента верхней релаксации при снижении требуемой точности вычисления векторных потенциалов дали результаты, представленные в таблице 4.

Таблица 4

Требуемая точность	Число итераций до достижения требуемой точности	Коэффициент λ	Расчёт λ по формуле(2)
$7 * 10^{-7}$	1560	2,5228	2,6356
$1 * 10^{-6}$	1056	2,5228	2,6356

$5 * 10^{-5}$	61	2,5228	2,6356

Корректировка расчётов магнитного поля рассеяния МКР по аддитивному варианту закона полного тока в смешанной системе координат при значительном числе контуров интегрирования позволяет существенно уменьшить число итераций, необходимых для достижения требуемой точности расчёта магнитного поля.

По результатам работы выполнен расчёт магнитного поля рассеяния и определены значения проводимости пазового рассеяния овального паза ротора (для области паза заполненной током) для асинхронных двигателей серии 4А с высотой оси вращения $h \geq 180$мм и числом полюсов $2p \geq 4$. Результаты расчётов представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Проводимость пути потока пазового рассеяния пазов ротора АД серии 4А

Высота оси вращения h	Число полюсов 2р	d1, мм	d2, мм	h12, мм	$\lambda_{МКР}$ (ЗПТ)	$\lambda_{МКР}$ (без ЗПТ)	$\lambda_п$ (2)
280	4	4	7	34,5	3,4924	3,4902	3,5895
280	6	3,5	5	30,25	3,4575	3,4684	3,5285
280	8	3,5	6,5	25	3,0086	3,0120	3,1186
280	10	4,0	5,0	24	2,5351	2,5481	2,6128
315	4	4	7	34,5	3,4924	3,4902	3,5895
315	6, 8	3,5	5	38,25	4,2236	4,1812	4,2880
315	12	4	5	32	3,2052	3,2079	3,2753
315	10	4	5	31	3,1214	3,1280	3,1924

В таблице 5 приняты следующие обозначения:

- $\lambda_{МКР}$ (ЗПТ) – значения коэффициента пазового рассеяния, полученные по результатам расчёта магнитного поля с корректировкой по закону полного тока;
- $\lambda_{МКР}$ (без ЗПТ) – значения коэффициента пазового рассеяния, полученные по результатам расчёта магнитного поля без корректировки решения по закону полного тока;
- $\lambda_п$ (2) – результат вычисления по формуле (2).

Список литературы

1. Гольдберг, О. Д. Инженерное проектирование электрических машин: учебник/ О.Д. Гольдберг, Л.Н. Макаров, С.П. Хелемская - М.: ИД «Бастет», 2016. - 528 с.: ил. (Высшее профессор образование: бакалавриат, магистратура).

2. Кутарёв А.М. Расчет электромагнитного поля и параметров экранированных лобовых частей однофазного ударного генератора/ А.М. Кутарёв,
Г.А. Сипайлов, К.А. Хорьков - Электричество, 1981г., №8.

3. Определение коэффициента удельной проводимости рассеяния лопаточного паза ротора асинхронного двигателя по результатам расчёта магнитного поля. [Электронный ресурс]/ А.М. Кутарёв, А.С. Падеев, Д.И.

Гункин - Энергетика, состояние, проблемы, перспективы : тр. IX Всерос. науч.-техн. конф., 2018 г., Оренбург / М-во науки и высш. образования Рос. Федер., Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбургский гос. ун-т". - Оренбург : ОГУ,2018. - . - С. 204-209. . - 6 с.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫРАВНИВАЮЩИХ ФИЛЬТРОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ОДНОРОДНОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ РЕНТГЕНОДИАГНОСТИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Петрушанский М.Г., канд. техн.наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Прохождение тормозного рентгеновского излучения через фильтрующие среды приводит к его ослаблению и сопровождается изменением формы энергетического спектра излучения и увеличением его эффективной энергии, поскольку при фильтрации каждая компонента спектра ослабляется в разной степени [1]. Распределение интенсивности излучения по спектру, в свою очередь, влияет на эффективность регистрации этого излучения рентгеновским детектором. Поэтому дозовая чувствительность детектора, равная отношению сигнала детектора (это может быть ток на выходе детектора или плотность почернения рентгеновской пленки) к мощности экспозиционной дозы излучения, вызвавшей появление этого сигнала, изменяется при увеличении эффективной энергии излучения. Величина энергетической зависимости дозовой чувствительности детектора, называемой его спектральной характеристикой, для используемого в диагностических целях диапазона энергий рентгеновских квантов от 40 до 150 кэВ может достигать ± 40 % [2], что усложняет дозиметрическое применение такого детектора.

Один из способов уменьшения влияния спектральной характеристики детектора при проведении измерений основан на пропускании исходного тормозного рентгеновского излучения через фильтры, называемые выравнивающими [3]. Считается, что после прохождения некоторой толщины выравнивающего фильтра из определенного материала, например, алюминия, дальнейшее ослабление всех компонент энергетического спектра излучения в этом материале будет происходить примерно в одинаковое число раз, поэтому эффективная энергия излучения перестанет увеличиваться, а само излучение станет более однородным. Это произойдет, когда эффективная энергия излучения превысит критическую энергию, соответствующую критической длине волны для данного материала. Критическая длина волны для алюминия составляет 0,0216 нм [3], а рассчитанная по этой величине критическая энергия равна 57,3 кэВ.

Для оценки изменения эффективной энергии излучения после прохождения через алюминиевые фильтры разной толщины можно воспользоваться выражением, полученным в работе [4]. При проведении расчетов в качестве тестового фильтра, в соответствии с рекомендациями работы [5], был выбран алюминиевый фильтр толщиной 0,01 мм. Величина суммарной фильтрации излучения принята равной 2,5 мм алюминиевого эквивалента. Такое значение является типичным для рентгенодиагностических аппаратов [6]. В таблице 1 представлены рассчитанные величины эффективной

энергии излучения при разных значениях толщины алюминиевого фильтра и анодного напряжения.

Таблица 1– Величины эффективной энергии излучения (кэВ) при разных значениях толщины алюминиевого фильтра и анодного напряжения

Анодное напряжение, кВ	Толщина алюминиевого фильтра, мм										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
50	24,3	35,1	38,7	40,8	42,0	43,0	43,7	44,2	44,6	45,0	45,3
60	25,4	38,0	42,6	45,3	47,0	48,3	49,4	50,2	50,9	51,5	52,0
70	26,2	40,4	45,9	49,2	51,5	53,3	54,7	55,8	56,8	57,6	58,3
80	26,9	42,6	48,9	52,8	55,7	57,9	59,7	61,2	62,4	63,5	64,5
90	27,5	44,5	51,6	56,2	59,6	62,3	64,5	66,4	68,0	69,4	70,7
100	28,0	46,2	54,2	59,5	63,4	66,6	69,3	71,6	73,6	75,4	77,0
110	28,5	47,9	56,7	62,6	67,2	70,9	74,1	76,9	79,4	81,6	83,6
120	29,0	49,5	59,1	65,8	71,0	75,3	79,1	82,4	85,4	88,2	90,1
130	29,4	51,1	61,5	68,9	74,8	79,8	84,3	88,3	91,9	95,4	98,6
140	29,8	52,6	63,9	72,1	78,8	84,5	89,8	94,6	99,1	103	108
150	30,3	54,2	66,4	75,4	82,9	89,5	95,7	102	107	113	118

Из представленных в таблице 1 данных видно, что с увеличением толщины алюминиевого фильтра растет величина эффективной энергии излучения, причем достижение ею для значений анодного напряжения от 70 до 150 кВ отмеченного выше критического значения 57,3 кэВ не останавливает этот рост. Однако, например, в работе [7] сказано, что при величине анодного напряжения 80 кВ и алюминиевом фильтре толщиной 20 мм излучение становится почти однородным.

Кроме того, приведенные в таблице 1 результаты расчетов подтверждают, что при анодном напряжении 50 кВ невозможно получить излучение с эффективной энергией, превышающей 50 кэВ. Для величины анодного напряжения 60 кВ критическое значение эффективной энергии не достигается даже при увеличении толщины алюминиевого фильтра до 100 мм. Но при таких толщинах фильтров для рассматриваемых условий генерирования рентгеновского излучения существенно повышается его ослабление. Используя полученное в работе [8] выражение, можно оценить величины коэффициента пропускания излучения, прошедшего через разные толщины алюминиевого фильтра. Результаты расчетов коэффициента пропускания для ряда значений анодного напряжения приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Величиныкоэффициента пропускания излучения (%) при разных значениях толщины алюминиевого фильтра и анодного напряжения

Анодное напряжение, кВ	Толщина алюминиевого фильтра, мм						
	10	20	30	40	50	60	70
50	5,24	0,851	0,181	0,0439	0,0115	0,00315	0,000895
60	8,04	1,81	0,518	0,166	0,0569	0,0204	0,00756
70	10,6	2,92	0,999	0,378	0,152	0,0641	0,0278
80	12,9	4,09	1,58	0,667	0,299	0,139	0,0668
90	15,1	5,26	2,21	1,02	0,491	0,246	0,126
100	17,0	6,43	2,89	1,41	0,719	0,380	0,205
110	18,8	7,59	3,59	1,83	0,979	0,538	0,302
120	20,5	8,72	4,31	2,29	1,26	0,717	0,416
130	22,2	9,85	5,05	2,76	1,57	0,914	0,543
140	23,7	11,0	5,79	3,25	1,89	1,13	0,682
150	25,2	12,0	6,53	3,75	2,23	1,35	0,832

Из таблицы 2 видно, что стремление к повышению однородности тормозного рентгеновского излучения путем увеличения толщины выравнивающего фильтра приводит к резкому уменьшению коэффициента пропускания до величин, не превышающих 1 %, то есть к значительному ослаблению излучения, что делает его малопригодным для дальнейшего использования.

Таким образом, применение выравнивающих фильтров для достижения заметной однородности излучения рентгенодиагностических аппаратов и уменьшения влияния энергетической зависимости чувствительности детектора представляется малоэффективным и может быть рекомендовано только для ограниченного круга задач, в частности, при работе с высокочувствительными детекторами рентгеновского излучения.

Список литературы

1. Петрушанский, М.Г. К определению эффективной энергии смешанного пучка рентгеновского излучения / М.Г. Петрушанский, Е.А.Корнев // Медицинская техника. – 2006. – №2. – С. 46 – 49.

2. Брегадзе, Ю.И. Прикладная метрология ионизирующих излучений / Ю.И. Брегадзе, Э.К. Степанов, В.П. Ярына. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 264 с.

3. Поройков, И.В. Рентгенометрия / И.В.Поройков. –М.-Л.: Гостехтеоретиздат, 1950. –383 с.

4. Петрушанский, М.Г. Развитие расчетного способа определения эффективной энергии рентгеновского излучения и его экспериментальная проверка / М.Г. Петрушанский // Медицинская техника. – 2014. – №5. – С. 19 – 21.

5. Петрушанский, М.Г. Определение погрешности расчета эффективной энергии смешанного пучка рентгеновского излучения/ М.Г. Петрушанский, Е.А.Корнев, А.М. Пищухин // Медицинская техника. – 2006. – №3. – С. 20 – 22.

6. Петрушанский, М.Г. Вариант взаимного согласования требований государственного стандарта к защите от излучения рентгеновских аппаратов / М.Г. Петрушанский // Медицинская техника. – 2015. – №5. – С. 49 – 51.

7. Основы рентгенодиагностической техники. / Под ред. Н.Н. Блинова. – М.: Медицина, 2002. – 392 с.

8. Петрушанский, М.Г. Расчет коэффициента пропускания тормозного рентгеновского излучения тестовым фильтром / М.Г. Петрушанский // Медицинская техника. – 2008. – №6. – С. 27 – 30.

ЭВОЛЮЦИЯ ТРЕБОВАНИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫХ СТАНДАРТОВ В ОБЛАСТИ НОРМИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ИЗЛУЧЕНИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ РЕНТГЕНОВСКИХ АППАРАТОВ

Петрушанский М.Г., канд. техн.наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Основными параметрами, характеризующими качество излучения диагностического рентгеновского аппарата при заданном значении анодного напряжения, являются первый слой половинного ослабления (СПО) [1] и суммарная фильтрация этого излучения [2]. Указанные параметры определяют дозовую нагрузку на пациента, поэтому их минимально допустимые величины оговорены в соответствующих стандартах.

До 2015 года в Российской Федерации действовал стандарт ГОСТ Р 50267.0.3–99 [3], содержавший требования к качеству излучения диагностических рентгеновских аппаратов. В работах [4–7] была выявлена и показана несогласованность требований пунктов 29.201.2 и 29.201.5 этого стандарта к минимально допустимым величинам первого СПО и суммарной фильтрации излучения для разных значений анодного напряжения. В таблице 1 представлены требования упомянутых пунктовс учетом использованной в работах [4–7] однозначной связи между величинами первого СПО и суммарной фильтрации излучения для конкретного значения анодного напряжения.

Таблица 1– Минимально допустимые величины первого СПО и суммарной фильтрации излученияпо ГОСТ Р 50267.0.3–99 [3]

<table>
<tr><td rowspan="2">Анодное напряжение, кВ</td><td colspan="2">Первый СПО, мм Al</td><td colspan="2">Суммарная фильтрация, мм Al</td></tr>
<tr><td>п. 29.201.2</td><td>п. 29.201.5</td><td>п. 29.201.2</td><td>п. 29.201.5</td></tr>
<tr><td>50</td><td>1,5</td><td>1,5</td><td>2,4</td><td rowspan="3">2,5</td></tr>
<tr><td>60</td><td>1,8</td><td>1,8</td><td>2,5</td></tr>
<tr><td>70</td><td>2,1</td><td>2,0</td><td>2,7</td></tr>
<tr><td>80</td><td>2,3</td><td rowspan="8">?</td><td>2,6</td><td rowspan="8">?</td></tr>
<tr><td>90</td><td>2,5</td><td>2,6</td></tr>
<tr><td>100</td><td>2,7</td><td>2,6</td></tr>
<tr><td>110</td><td>3,0</td><td>2,8</td></tr>
<tr><td>120</td><td>3,2</td><td>2,8</td></tr>
<tr><td>130</td><td>3,5</td><td>2,9</td></tr>
<tr><td>140</td><td>3,8</td><td>2,9</td></tr>
<tr><td>150</td><td>4,1</td><td>3,0</td></tr>
</table>

Знак вопроса относится к тем значениям анодного напряжения, для которых соответствующие параметры в стандарте ГОСТ Р 50267.0.3–99 [3] не нормированы.

В работе [8] предложен вариант взаимного согласования приведенных в таблице 1 требований и показано, что такой вариант исключает все выявленные ранее недостатки и не противоречит пунктам 29.201.2 и 29.201.5 стандарта ГОСТ Р 50267.0.3–99 [3], действовавшего в то время.

В 2015 году стандарт ГОСТ Р 50267.0.3–99 [3] был отменен, а вместо него введен в действие стандарт ГОСТ Р МЭК 60601-1-3–2013 [9] с обновленными требованиями к качеству излучения диагностических рентгеновских аппаратов. В таблице2 представлены предложенные в работе [8] минимально допустимые величины первого СПО и суммарной фильтрации излучения и требования, изложенные в таблице 3 и пункте 7.1 действующего в настоящее время стандарта ГОСТ Р МЭК 60601-1-3–2013 [9] с учетом упомянутой выше однозначной связи между величинами первого СПО и суммарной фильтрации излучения для конкретного значения анодного напряжения.

Таблица 2 – Минимально допустимые величины первого СПО и суммарной фильтрации излучения по [8] и по ГОСТ Р МЭК 60601-1-3–2013[9]

<table>
<tr><td rowspan="3">Анодное напряжение, кВ</td><td colspan="3">Первый СПО, мм Al</td><td colspan="3">Суммарная фильтрация, мм Al</td></tr>
<tr><td rowspan="2">по [8]</td><td colspan="2">по ГОСТ Р МЭК 60601-1-3–2013[9]</td><td rowspan="2">по [8]</td><td colspan="2">по ГОСТ Р МЭК 60601-1-3–2013[9]</td></tr>
<tr><td>таблица 3</td><td>п. 7.1</td><td>таблица 3</td><td>п. 7.1</td></tr>
<tr><td>50</td><td>1,5</td><td>1,8</td><td>1,5</td><td>2,5</td><td>3,2</td><td rowspan="3">2,5</td></tr>
<tr><td>60</td><td>1,8</td><td>2,2</td><td>1,8</td><td>2,5</td><td>3,4</td></tr>
<tr><td>70</td><td>2,1</td><td>2,5</td><td>2,0</td><td>2,7</td><td>3,4</td></tr>
<tr><td>80</td><td>2,4</td><td>2,9</td><td rowspan="8">?</td><td>2,8</td><td>3,7</td><td rowspan="8">?</td></tr>
<tr><td>90</td><td>2,7</td><td>3,2</td><td>2,9</td><td>3,7</td></tr>
<tr><td>100</td><td>3,0</td><td>3,6</td><td>3,0</td><td>3,9</td></tr>
<tr><td>110</td><td>3,3</td><td>3,9</td><td>3,1</td><td>4,0</td></tr>
<tr><td>120</td><td>3,6</td><td>4,3</td><td>3,2</td><td>4,1</td></tr>
<tr><td>130</td><td>3,9</td><td>4,7</td><td>3,3</td><td>4,3</td></tr>
<tr><td>140</td><td>4,2</td><td>5,0</td><td>3,4</td><td>4,3</td></tr>
<tr><td>150</td><td>4,5</td><td>5,4</td><td>3,4</td><td>4,4</td></tr>
</table>

Анализ приведенных в таблице 2 данных и сравнение их с представленными в таблице 1 сведениями позволяет сделать ряд выводов.

Во-первых, минимально допустимыезначенияпараметровв таблице 3 действующего стандарта ГОСТ Р МЭК 60601-1-3–2013 [9] существенно превышают требования пункта 29.201.2 прежнего стандарта ГОСТ Р 50267.0.3–

99 [3]. Эти значения действующего стандарта ГОСТ Р МЭК 60601-1-3–2013 [9] выбраны даже больше рекомендованных в работе [8], чтобы обеспечить выполнение условий взаимного согласования минимально допустимых величин первого СПО и суммарной фильтрации излучения для разных значений анодного напряжения.

Во-вторых, в пункте 7.1 действующего стандарта ГОСТ Р МЭК 60601-1-3–2013 [9], как и в пункте 29.201.5 отмененного стандарта ГОСТ Р 50267.0.3–99 [3], отсутствует нормирование параметров для значений анодного напряжения в диапазоне от 80 до 150 кВ включительно. По этой причине соответствующие ячейки таблицы 2 содержат знак вопроса.

В третьих, видны явные разногласия между требованиями к минимально допустимым значениям параметров, изложенными в таблице 3 и пункте 7.1 действующего стандарта ГОСТ Р МЭК 60601-1-3–2013 [9]. Таким образом, повторилась ситуация, характерная для отмененного уже стандарта ГОСТ Р 50267.0.3–99 [3] с взаимно противоречивыми требованиями его пунктов 29.201.2 и 29.201.5.

Очевидно, что действующий в настоящее время в Российской Федерации стандарт ГОСТ Р МЭК 60601-1-3–2013 [9] не обеспечивает однозначность и взаимоувязанность требований в области нормирования качества излучения диагностических рентгеновских аппаратов и нуждается в доработке, например, с учетом предложенных в работе [8] рекомендаций.

Список литературы

1. Петрушанский, М. Г. К вопросу определения первого слоя половинного ослабления рентгеновского излучения / М. Г. Петрушанский // Медицинская техника. – 2009. – №5. – С. 16 – 18.

2. Петрушанский, М. Г. Требования к контролю и методы определения суммарной фильтрации пучка рентгеновского излучения рентгенодиагностических аппаратов / М. Г. Петрушанский // Медицинская техника. – 2009. – №1. – С. 18 – 21.

3. Изделия медицинские электрические. Часть 1. Общие требования безопасности. 3. Общие требования к защите от излучения в диагностических рентгеновских аппаратах: ГОСТ Р 50267.0.3–99 (МЭК 60601–94). – М., 2000.

4. Петрушанский, М. Г. Сравнительный анализ требований государственных стандартов к величинам суммарной фильтрации пучка рентгеновского излучения рентгенодиагностических аппаратов / М. Г. Петрушанский // Медицинская техника. – 2011. – № 5. – С. 11 – 14.

5. Петрушанский, М.Г. Оценка стандартных требований к защите от излучения в рентгеновских аппаратах / М. Г. Петрушанский // Российский Электронный Журнал Лучевой Диагностики. – 2012. – Т. 2. – №2. – С. 402 – 403.

6. Петрушанский, М.Г. Метод измерения величины слоя половинного ослабления излучения рентгеновских аппаратов / М. Г. Петрушанский // Медицинская техника. – 2013. – №6. – С. 18 – 20.

7. Петрушанский, М.Г. Особенности нормирования величины первого слоя половинного ослабления излучения рентгеновских аппаратов / М. Г. Петрушанский // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры. Материалы Всероссийской научно-методической конференции; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2014. – С. 1471 – 1475.

8. Петрушанский, М.Г. Вариант взаимного согласования требований государственного стандарта к защите от излучения рентгеновских аппаратов / М. Г. Петрушанский // Медицинская техника. – 2015. – №5. – С. 49 – 51.

9. Изделия медицинские электрические. Часть 1-3. Общие требования безопасности с учетом основных функциональных характеристик. Дополнительный стандарт. Защита от излучения в диагностических рентгеновских аппаратах: ГОСТ Р МЭК 60601-1-3–2013. – М., 2015.

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕМЕНТОВ СЕТИ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ

Полякова Л.Ю., канд. техн. наук, доцент,
Андросов В.И.
Кумертауский филиал ОГУ

Электрическая сеть характеризуется параметрами элементов сети и параметрами режима её работы.

Параметры элементов сети, к которым также относят электродвижущую силу источников и мощности нагрузок обычно заданы.

Параметры режима: токи в ветвях, напряжения в узлах, фазовые соотношения между ними, перераспределение потоков мощностей обычно рассчитывают, но нагляднее проследить их изменение посредством моделирования. Лабораторное моделирование реальных протяженных линий электропередач (ЛЭП) с напряжениями в десятки и сотни киловольт невозможно. Поэтому моделирование выполняют на модели линии, а полученные результаты переносят на реальную ЛЭП.

В проведении лабораторных работ широко используются стенды группы компаний «ГалСен». Модель ЛЭП в этих стендах представляет собой набор резисторов, индуктивностей, емкостей, образующих известную П-образную схему замещения ЛЭП (рисунок 1). Связь между моделью и реальной ЛЭП осуществляется через подобранные масштабные коэффициенты, так чтобы физические процессы в модели однозначно отображали процессы в фактической ЛЭП.

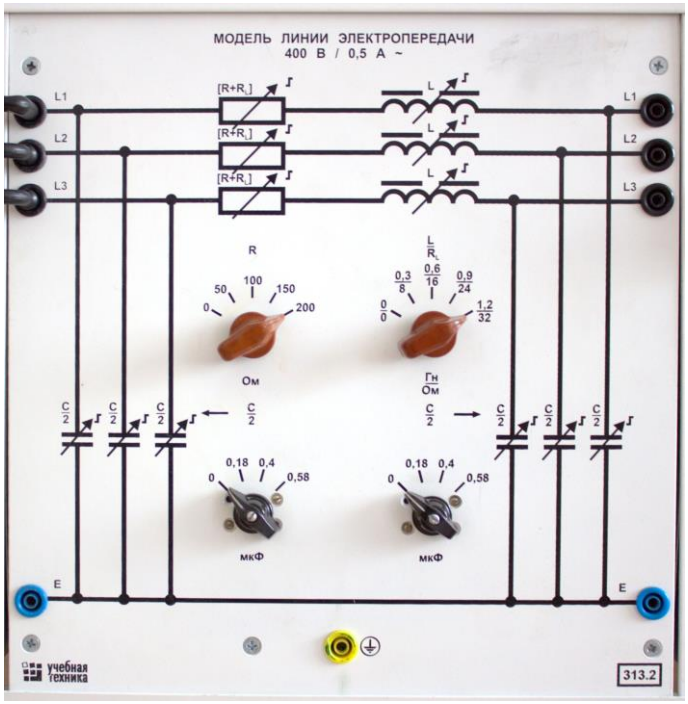


Рисунок 1 - Блок стенда«Модель линии электропередачи»

Процесс моделирования несложен. Вначале рассчитывают значения элементов П-образной схемы замещения ЛЭП, пользуясь следующими параметрами исходной ЛЭП:

$U_{ВЛ}$ - напряжение ЛЭП, кВ;

n - количество цепей ЛЭП, шт.;

$l_{ВЛ}$ - длина ЛЭП, км;

$F_{ВЛ}$ - сечение проводов ЛЭП и их тип, мм^2;

r_0 - погонное активное сопротивление проводов ЛЭП, Ом/км;

x_0 - погонное реактивное сопротивление проводов ЛЭП, Ом/км;

b_0 - погонная проводимость ЛЭП, См/км.

Эти расчеты общеизвестны [2].

$$R_{ВЛ} = \frac{r_0 \cdot l_{ВЛ}}{n}$$

$$X_{ВЛ} = \frac{x_0 \cdot l_{ВЛ}}{n} \qquad (1)$$

$$B_{ВЛ} = b_0 \cdot l_{ВЛ} \cdot n$$

Тип и сечение проводов ЛЭП однозначно определяют r_0 - погонное активное сопротивление проводов ЛЭП. Эта величина для различных типов и сечений проводов приведена в [1].

x_0 - погонное реактивное сопротивление проводов, сильно зависит от напряжения, но практически не изменяется от конструкционных размеров ЛЭП.

b_0 - емкостная проводимость определяется токами смещения за счет электростатического поля линии и слабо зависит от расстояния между фазами и диаметра проводов.

Типовые величины погонного реактивного сопротивления и погонной проводимости для ЛЭП различных уровней напряжения приведены в [2].

Следующим шагом выбирают масштабные коэффициенты и с их помощью определяют значения элементов схемы модели. Полученные значения резисторов, индуктивностей и емкостей необходимо набрать с помощью переключателей на блоке модели линии стенда, но элементы П-образной модели блока стенда позволяют изменять свое значение дискретно и часто, задаваемые с помощью переключателей номиналы элементов модели, далеки от разчетных значений, следовательно результаты моделирования будут отображать режим реальной линии с большими погрешностями.

В этой статье, предлагается при выполнении лабораторных работ задавать такие параметры исходной ЛЭП, чтобы полученные значения элементов модели линии стенда можно было установить достаточно точно.

Однозначная связь значений элементов схемы замещения и схемы модели линии устанавливается посредством масштабных коэффициентов [3].

При определении масштабных коэффициентов по напряжению, току, мощности, сопротивлению, проводимости учтем, что значения любых двух коэффициентов можно выбрать произвольно, а оставшиеся коэффициенты рассчитываются по выбранным двум.

Первым выбранным масштабным коэффициентом будет коэффициент по напряжению. Его значение будет не произвольным, а рассчитано через $U_{ВЛ}$ - напряжение ЛЭП и $U_{СТ}$ = 0,38 кВ - линейное напряжение питания стенда:

$$M_U = \frac{U_{ВЛ}}{0,38} \tag{2}$$

Из системы уравнений (1) найдем значения элементов схемы модели линии с помощью масштабных коэффициентов:

$$R_M = \frac{R_{ВЛ}}{M_Z} = \frac{r_0 \cdot l_{ВЛ}}{n \cdot M_Z}$$

$$X_M = \frac{X_{ВЛ}}{M_Z} = \frac{x_0 \cdot l_{ВЛ}}{n \cdot M_Z} \tag{3}$$

$$B_M = \frac{B_{ВЛ}}{M_Y} = B_{ВЛ} \cdot M_Z = b_0 \cdot l_{ВЛ} \cdot n \cdot M_Z$$

В этой системе уравнений учтено, что:

$$M_Y = \frac{1}{M_Z} \tag{4}$$

Из двух последних уравнений системы (3) выразим индуктивность стенда L_M и емкость стенда $C_M/2$:

$$L_M = \frac{X_M}{\omega} = \frac{x_0 \cdot l_{ВЛ}}{\omega \cdot n \cdot M_Z}$$

$$\frac{C_M}{2} = \frac{B_M}{2\omega} = \frac{b_0 \cdot l_{ВЛ} \cdot n \cdot M_Z}{2\omega} \tag{5}$$

где $\omega = 2\pi f = 2\pi\ 50 = 314$ рад/с

В полученной системе уравнений, две переменных, длину ЛЭП $l_{ВЛ}$ и масштабный коэффициент M_Z, выразим через индуктивность L_M и емкость C_Mстенда:

$$l_{ВЛ} = \omega \cdot \sqrt{\frac{L_M \cdot C_M}{b_0 \cdot x_0}}$$

$$M_Z = \frac{x_0 \cdot l_{ВЛ}}{\omega \cdot n \cdot L_M} \qquad (6)$$

Для четырех значений индуктивностей стенда $L_M = 0{,}3$ *Гн; 0,6 Гн; 0,9 Гн; 1,2 Гн* и трех значений емкости стенда $C_M/2 = 0{,}18$ *мкФ; 0,4 мкФ; 0,58 мкФ*, по уравнениям (4) можно найти 12 различных значений протяженности ЛЭП. Но, часть этих решений придется отбросить, так как длина линии однозначно задает активное сопротивление модели линии R_M, которое имеет четыре дискретных значения: $R_M = 50$ *Ом; 100 Ом; 150 Ом; 200 Ом*.

Из 12 различных значений протяженности ЛЭП следует оставить только те значения, которые будут близки к значениям $R_M + R_L$, где R_L - активное сопротивление индуктивности стенда L_M, которое равно R_L = 8 Ом; 16 Ом; 24 Ома; 32 Ома, при значениях индуктивности стенда $L_M = 0{,}3$ *Гн; 0,6 Гн; 0,9 Гн; 1,2 Гн,* соответственно.

Для примера, в таблице приведены рассчитанные по предложенной методике исходные параметры ЛЭП и масштабные коэффициенты по напряжению и сопротивлению, используя их получим значения параметров модели линии, которые можно задать на блоке стенда.

Таблица - Исходные параметры ЛЭП и масштабные коэффициенты

Параметр ЛЭП	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Напряжение, кВ	110	150	150	220	220	330	500	750	1150
Сечение провода, мм^2	70/11	95/16	240/32	300/39	400/51	400/51	330/43	300/48	330/43
Погонное активное сопротивление, Ом/км	0,4218	0,3007	0,1182	0,0958	0,0733	0,0733	0,0698	0,0978	0,0869
Погонное реактивное сопротивление, Ом/км	0,444	0,45	0,42	0,429	0,42	0,323	0,308	0,288	0,27
Погонная проводимость, 10^{-6} См/км	2,55	2,52	2,7	2,64	2,7	3,46	3,6	4,11	4,38

Количество цепей	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Протяженность, км	194	250	137	250	97	98	249	245	95
Масштабный коэффициент сопротивления, Mz	0,229	0,398	0,306	0,380	0,432	0,335	0,407	0,250	0,272

Список литературы

1. ГОСТ 839-80 Провода неизолированные для воздушных линий электропередачи. Технические условия

2. Справочник по проектированию электрических сетей / Под редакцией Д.Л. Файбисовича. - М.: Изд-во НЦ ЭНАС 2006 -320 с. ил.

3. Методические указанияк выполнению лабораторной работы «Моделирование линии электропередачи» / В.В. Коваленко; И.М. Павленко; – Саратов: Саратовский государственный технический университет, 2012. – 12 с.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНО НАПРАВЛЕННОГО ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА»

Посягина Т.А. канд.пед.наук, Панков С.Н.
Кумертауский филиал ОГУ

Актуальность: В последние годы, по мнению Г.Л. Ильина [2], в качестве глобальной цели реформирования профессионального образования, стоит цель научить студента самостоятельно взаимодействовать с развивающимся миром профессионального труда. При таких условиях, требования к выпускникам высшей школы определяются ситуацией, в которой находится государство, когда происходят глобальные процессы перераспределения труда.В связи с этим главной задачей, стоящей перед высшей школой является обеспечить развитие потенциала выпускников для созидательной, творческой деятельности.

Таким образом, актуальность данного исследования обусловлена существующим **противоречием**:

- между социальным заказом современного высшего образования на подготовку активной личности выпускника и недостаточной проработанностью методических основ формирования компетенций у бакалавровнаправления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника.

Данное противоречие определило **проблему и цель исследования**, заключающуюся в выявлении полноты раскрытия принципа профессиональной направленности дисциплины «Техническая механика» для создания устойчивой мотивации студентов к ее изучению.

Сначала, анализ возможностей реализации профессионально направленного преподавания курса «Техническая механика» был уже представлен в исследованиях Ю.Г. Фокина [6], А.А. Вербицкого[1]. Исторически, одним из первых обосновал включение профессиональной направленности в дидактику профессионально-технического образования в виде самостоятельного принципа А.Я. Кудрявцев[3]. Мы согласны с названными выше исследователями в том, что этот принцип не ориентирует только на связь с производственным обучением, а требует охватить теоретическое обучение, использование «профессионального» в процессе обучения и организацию межпредметных связей общеобразовательных и профилирующих дисциплин. Более того, М.И. Махмутов [3]также показывает реализацию принципа профессиональной направленности в вопросах содержания обучения, в частности, для нас наиболее приемлемого использования его, характере иллюстративного материала для создания базы изучения специальных дисциплин и расширения профиля профессиональной подготовки.

Прежде всего,одной из основных задач дисциплины «Техническая механика», является изучение основ расчета звеньев механизмов на прочность с

целью формирования компетенций у бакалавровнаправления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника. Практически все механизмы системы электроснабжения промышленного предприятия помимо свойств электрических и магнитных должен обладать прочностью, способностью его деталей и соединений выдерживать, не разрушаясь, действие внешних сил. Однако для студентов не машиностроительных направлений подготовки создание устойчивой мотивации к изучению данной дисциплины представляется недостаточно проработанным.

В первую очередь, воздушная линия электропередач должнабыть рассчитана на нагрузки, возлагаемые на нее проводниками, а также динамические нагрузки, зависящих от особенностей района, поэтому именно они составляют основу методики оценки технического состояния воздушной линии. По данным Правил устройстваэлектротехническихустановок (ПУЭ) и Строительным нормам и правилам (СНиП), на работу ЛЭП наибольшее влияние оказывает различные виды атмосферных отложений, влажность воздуха, режимы температуры и ветра, а также грозовые явления.

Оставим за рамками подробного и глубокого рассмотрения последствий перечисленных климатических явлений за рамками специальных дисциплин, мы же ниже остановимся более подробно только на иллюстрации влияния ветра, влажности и температуры на работу воздушной линии с точки зрения технической механики.

Затем, статистических анализ данных об отказах линий электропередач показал, что 46,7% повреждений и разрушений опор происходит из-за недостаточности знаний о действии ветра[3]. Приведем пример плоского поперечного изгиба, возникающего в реальных условиях схемы расчета одностоечной опоры на рисунке 1. На столб действует только горизонтальная сила ветра Т. В основном расчет механической прочности опор и проводов воздушных линий проводят для случаев действия ветра при больших скоростях (25-30 м/сек и более), когда воздушный поток становится неоднородным по своему строению и наблюдаются порывы ветра. Причинами аварий были ошибки в выборе величины ветровой нагрузки. неправильное представление о характере ее распределения по сооружению, вибрация конструкций. Давление ветра на провода, опоры и тросы оказывает непосредственное влияние на линию электропередач.

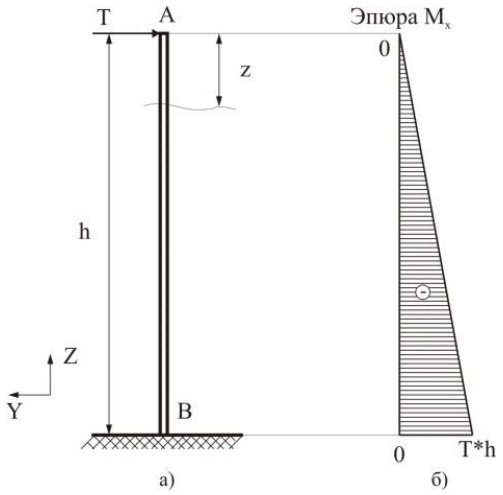


Рисунок 1 – Схема расчета одностоечной опоры

Большая ветровая нагрузка способна вызвать поломку и падение опор иногда с вырыванием из грунта фундаментом.

Далее, рассмотрим влияние повышенной влажности воздуха наЛЭП, создающей условия, способствующие их обледенению[3].На рисунке 2 приведена схема для нахождениягололедной нагрузки на провода.

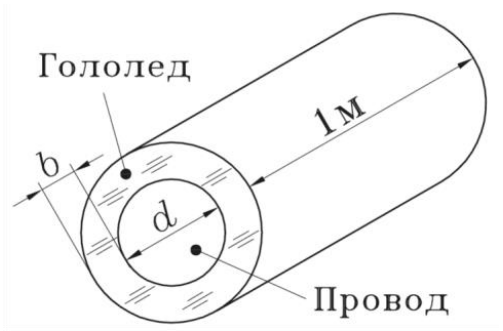


Рисунок 2 – Расчетная схема для определения гололедной нагрузки на провода

Условно считают, что гололедно-изморозевые отложения на проводах имеют цилиндрическую форму и плотность 900 кг/м^3. Для каждой территории страны определена в справочнике нормативная толщина стенки гололеда $b_н$. Физически, изморозь выделяется наиболее часто при температуре воздуха и провода около - 5°С. Переохлажденные частицы воды, соприкасаясь с проводами, имеющими температуру ниже 0°С, кристаллизуются, образуя изморозь. При высокой влажности воздуха и ветре, наносящем на провода частицы воды, количество изморози на проводах значительно увеличивается. В итоге на провода, покрытые изморозью или облепленные снегом, оказывает влияние добавочная вертикальная нагрузка, так же увеличивается площадь провода, на которую давит ветер.

Потом, температура воздуха оказывает прямое влияние на степень натяжения и провисания проводов и тросов воздушной линии[3]. На рисунке 3

изображена схема пролёта воздушной линии, расположенной на местности без больших разностей уровней.

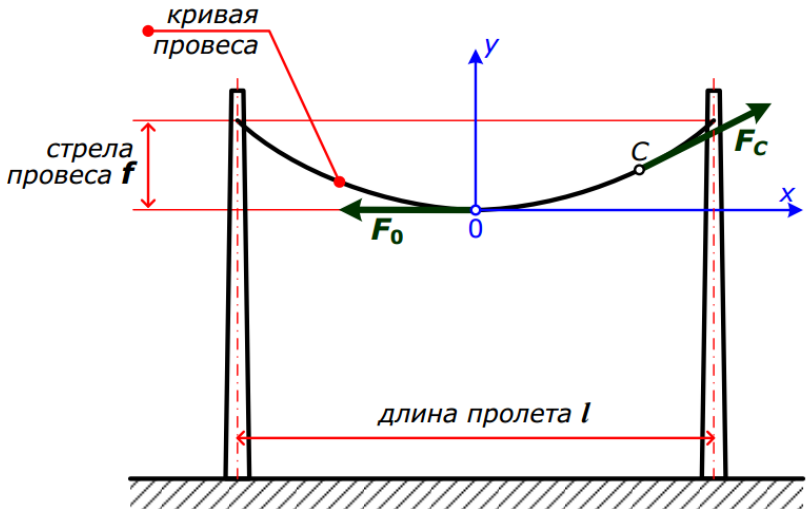


Рисунок 3 – Расчетная схема пролёта воздушной линии

Длиной пролёта, или пролётом, называют горизонтальное расстояние между точками крепления провода. Гибкая натянутая между двумя точками нить всегда провисает. Особое значение имеют величины максимальной, минимальной и среднегодовой температуры. Кроме того, на работу линии влияют сочетания низких температур с наибольшими скоростями ветра, а также температура, сопутствующая процессу обледенений и грозовым явлениям.В конечном счете, расстояния между проводами, между проводами и заземленными частями опор, а также от проводов до поверхности земли следует принимать такими, чтобы при рабочем напряжении линии была исключена возможность электрических разрядов между проводами, с проводами на опору и на наземные сооружения и предметы.

Итак, иллюстрации действия ветра, влажности и температуры на работу воздушной линии показывают, что провода и опоры подвергаются воздействию гололеда, ветра, вибрациям. Поэтому в них возникают большие механические рабочие напряжения. Анализ причин возникновения их, сравнение с допустимыми справочными и есть одна из основных задач дисциплины «Техническая механика». Таким образом, мы можем отметить, что выделение принципа профессиональной направленности в числе дидактического принципа вузовской педагогики непреложное мотивационное требование многосторонних связей между глубокой научно-теоретической подготовкой бакалавра и созданием предпосылок для его дальнейшей профессиональной мобильности.

Список литературы

1. Вербицкий, А.А. Активное обучение в высшей школе: контексный подход [Текст] / А.А. Вербицкий // М.: Высшая школа, 1991 - 204с

2. Ильин, Г. Л. Философия образования (идея непрерывности) [Текст] / Г. Л. Ильин. – М., 2002 – С. 22-30.

3. Кудрявцев А. Я. О принципе профессиональной направленности [Текст] / А.Я. Кудрявцев // Советская педагогика. 1981 № 8

4. Крюков, К. П.Конструкции и механический расчет линий электропередачи [Текст] / К.П. Крюков; Б.П. Новгородцев - Л.: Энергия, 1979 - 312

5. Махмутов, М. И.Учебный процесс с использованием межпредметных связей в средних ПТУ [Текст] / М. И. Махмутов, А. З.; Шакирзянов. - М. : Высш. шк., 1985. - 207 с.

6. Фокин, Ю. Г. Теория и технология обучения: деятельностный подход:учебное пособие [Текст] / Ю. Г. Фокин. – М.: Academia, 2006 – 240 с.

ОРГАНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ УДАЛЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Путинин Я.С, Чернова А.Д., канд. техн. наук
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

В настоящее время остро встала потребность в питании потребителей малой мощности, удаленных от основных центров питания. Под потребителями малой мощности в статье понимаются такие устройства, как зарядные станции электромобилей, вышки связи, измерительные комплексы и метеостанции, спасательные пункты вдоль дорожных трасс, устройства регулирования железных дорог, защитно-зарядные станции для диагностики воздушных линий электропередач беспилотными летательными аппаратами и другие.

Рассмотрим возможные технические решения для электроснабжения подобных потребителей.

Одним из важных направлений развития ПАО «Россети» является развитие зарядной инфраструктуры для грузового и пассажирского электротранспорта, в том числе создание зарядных станций на удалении 100-200 км от населенных пунктов, а соответственно и центров питания. Для решения этой задачи предлагается в местах пересечения автодорог и воздушных линий (ВЛ) осуществлять отбор мощности с помощью подстанций 110/0,4 или 220/0,4 кВ, выполненных на основе комплектных трансформаторных подстанций и с использованием накопителей энергии в целях резервирования и покрытия пиков потребления. Основным элементом таких подстанций является трансформатор напряжения с силовой обмоткой увеличенной мощности. Предполагается, что с мощность такой подстанции может достигать 45 кВА. Также в состав ПС входят разъединители с двигательным приводом, ограничитель перенапряжения, а также модульное здание ЗРУ 110 кВ, в котором размещены накопитель, шкаф распределения энергии, инвертор, система учета электронерии и АСУТП, система связи и освещения. Организация трансформации с 110 кВ до 0,4 кВ сопоставима по капитальным затратам с прокладыванием ЛЭП 10 (6) кВ, однако имеет меньшие эксплуатационные расходы в связи с уменьшением протяженности ВЛ и сокращением оборудования [1].

Другим перспективным способом питания маломощный потребителей является отбор мощности от высоковольтной линии с помощью катушки индуктивности, размещенной на замкнутом или разомкнутом сердечнике и помещенной в магнитное поле ВЛЭП. Этот способ подобен использованию трансформатора тока, однако требует схему регулирования для обеспечения неизменности тока или напряжения при различном токе в линии. Одним из вариантов реализации регулирования тока является использование балластного резистора, подключением которого управляет токовое реле. Недостатком такого способа является феррорезонансный режим трансформатора и

нелинейный характер внешней характеристики. Другим способом, регулирующим ток, является использование согласующего трансформатора с обмоткой управления. Регулирование производится путем того, что в начале каждого полупериода намагничивающая сила распределяется в обмотку управления, а после снижения тока в нагрузке - в силовую обмотку. Недостаток такого способа заключается в пульсирующем характере тока в нагрузке. В работе [2] предлагается источник питания, содержащий катушку индуктивности, внесенную в магнитное поле 3, согласующий трансформатор тока 2, диод 5, блок выпрямления 6, датчик напряжения 7, накопительный конденсатор 8, ключ 9, компаратор 10, резисторы 10 и 11, источник опорного напряжения 13, нагрузка 14 . Предложенное устройство позволяет снизить величину пульсации выходного напряжения.

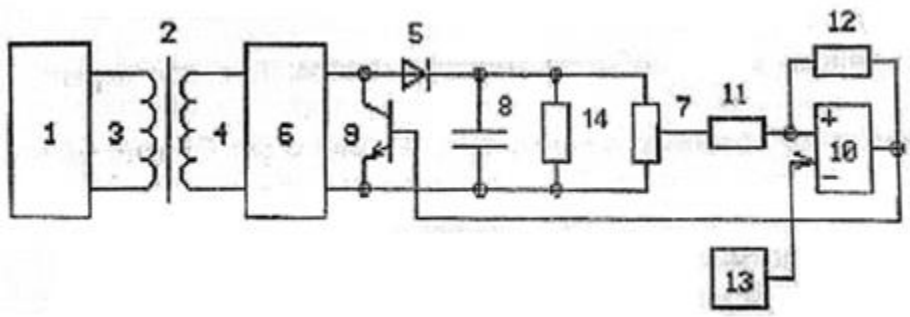


Рисунок 1 – Структура источника питания

В работе [3] вместо катушки индуктивности предлагается использовать емкостную электрическую связь с ВЛЭП.

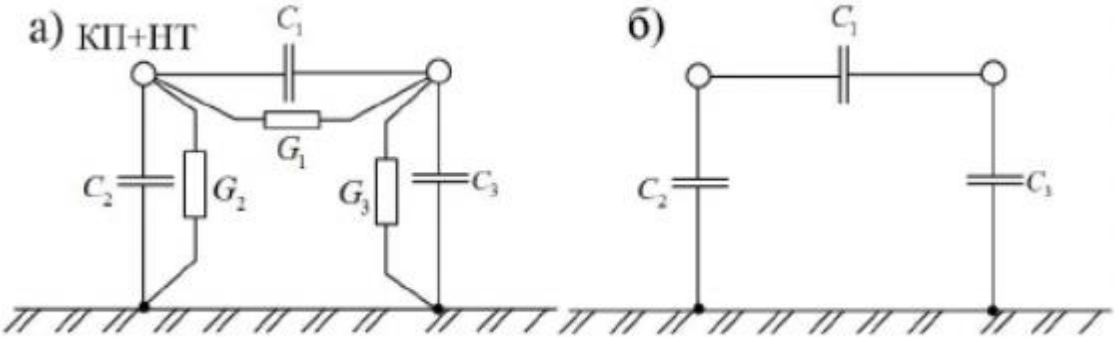


Рисунок 2 – Двухмерная модель емкостного отбора мощности

Так же вопрос емкостного отбора мощности рассматривается в работе [4]. Классической схемой считается делитель напряжения, когда используется последовательно включенные емкости между фазой линии и землей, а параллельно последней емкости включается нагрузка.

Однако такое решение может привести к перенапряжениям и повреждениям изоляции в режимах, близких к холостому ходу. Для решения этой проблемы используются шунтирующие реакторы, которые при

определенной схеме включения могут способствовать индуктивному отбору мощности.

В работе [4] предлагается включать последовательно в цепь между фазными проводами ВЛЭП и землей обмотки высшего напряжения однофазных трансформаторов, а к обмоткам низшего напряжения подключать батареи статических конденсатора. Отбор мощности производится с последнего конденсатора в цепи.

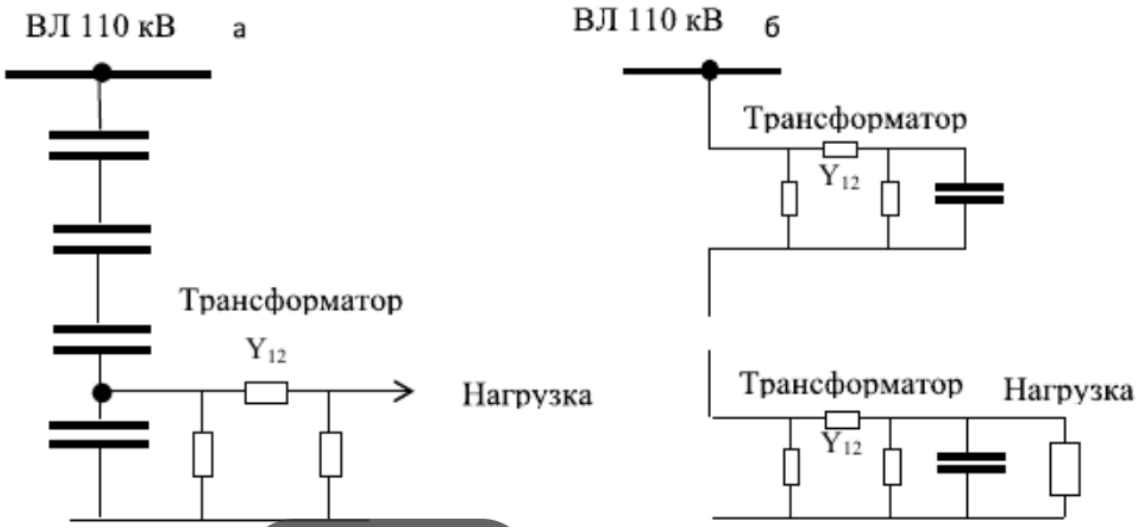


Рисунок 3 – Схемы емкостных отборов мощности: а – с отбором мощности от трансформатора; б – при включении конденсаторов через трансформаторы

Также стоит отметить, что вышеперечисленные способы зависят от технического состояния ЛЭП, требуют использования накопителей энергии (в случае аварийного режима работы ВЛЭП) и преобразования рода тока, т.к. электроприемники рассчитаны на постоянство напряжения. Сетевыми компаниями необходимо осуществить расчет потерь, и организовать автоматизированный учет электроэнергии. Например, большую часть времени трансформатор будет работать на холостом ходу. Из-за чего возникают большие потери. Необходим учет и пересмотр плановых значений технических потерь сетевыми компаниями. Также установка КТП требует изменения нормальной схемы электрических сетей, что влечет за собой пересмотр технической документации. Необходимо также отметить, что появление коммутационных аппаратов увеличивает вероятность возникновения аварийного режима работы.

Рассмотрим возможность использования солнечных панелей для питания маломощных потребителей. На данный момент технологии по производству солнечных панелей позволили добиться наибольшей эффективности среди альтернативных источников электроэнергии, что сопоставимо с мощностью, выдаваемой традиционными источниками питания.

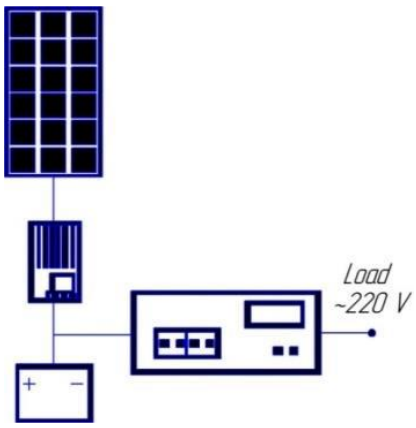


Рисунок 4 – Схема подключения автономной СЭС

Использование правильно подобранного количества солнечных панелей позволяет исключить недостатки вышеперечисленных способов и обеспечить автономную, надежную и экологически чистую систему электроснабжения маломощных потребителей.

Анализ научно-технической литературы в области зарядной инфраструктуры потребителей малой мощности показал, что тема исследования актуальная и значима.

Список литературы

1. А.А. Кудрявцев, М.А. Бабушкин Подстанция малой мощности 110/0,4 кВ как элемент электроснабжения зарядной инфраструктуры.

2. А.Б. Виноградов/ Устройство отбора мощности от линии электропередачи для питания измерительных устройств. Вестник УлГТУ 4, 2001. - С96-100.

3. А.А. Капкаев, А.В. Бойко О возможности применения бесконтактной передачи электроэнергии для питания маломощных потребителей от проводников контактной сети электрических железных дорог переменного тока. Инженерный вестник Дона, № 8, 2019.

4. Н.С. Бурянина, Ю.Ф. Королюк, Е.В. Лесных, Е.И. Малеева, М.А. Рожина. Емкостные отборы мощности от линий электропередачи 110-220 кВ. Вестник КРСУ. 2017. Том 17, № 12 С. 38- 41

5. Д.К. Байкасенов, В.В. Романов Применение возобновляемых источников энергии в условиях Оренбургской области InternationalInnovationResearch, С. 69-75

ПРОБЛЕМА РАСЧЕТА И ЭФФЕКТИВНОСТИ САМОВЕНТИЛЯЦИИ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Рубцов А.Р.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Асинхронные двигатели являются наиболее распространенными электродвигателями в в различных отраслях промышленности и хозяйства. Они потребляют приблизительно 70% всей электроэнергии направленной на преобразование в кинетическую энергию. Такое широкое распространение связано с их высокой надёжностью, простотой обслуживанияи относительно низкой стоимостью. Однако в процессе работы такие двигатели ощутимо нагреваются, при этом ухудшаются их энергетические характеристики. При слишком высоких значениях температуры страдает также изоляция обмоток, что, по итогу, может привести к поломке двигателя [1].

Существует несколько способов охлаждения асинхронных электродвигателей. Наиболее оптимальный способ охлаждения большинства электродвигателей – самовентиляция установленной на валу двигателя крыльчаткой. Это простой, дешевый, не требующий использования дополнительных аппаратов и устройств, способ охлаждения, который подходит очень широкой номенклатуре электродвигателей малой мощности [1].

Ниже представлена схема самовентиляции асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором. Как видно из схемы, воздух втягивается со стороны кожуха вентилятором, установленным на валу двигателя. Далее вентилятор нагнетает воздух вдоль рёбер охлаждения, где он забирает тепло с корпуса машины и отводит его в окружающую среду.

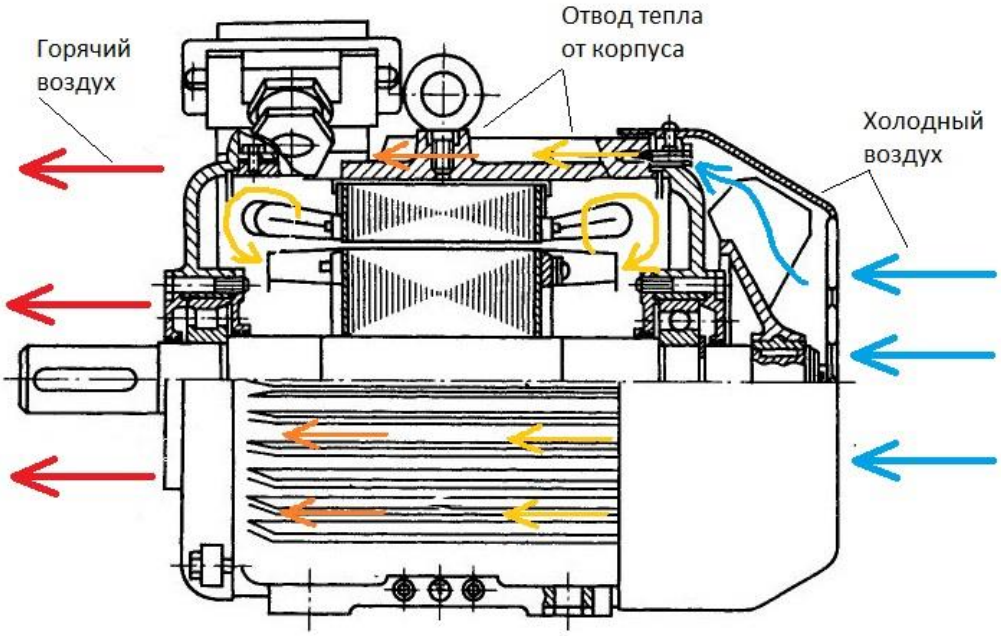


Рисунок 1 – Схема направления воздушных потоков электродвигателя

Однако этот способ охлаждения не лишен своих недостатков. Одна из его проблем состоит в том, что расчёт вентилятора в данной системе охлаждения осуществляется приближённым методом и, в основном, привязан к главным размерам машины [2].

Наружный диаметр вентилятора определяется от диаметра корпуса машины $D_{корп}$:

$$D_{вент} \approx 0.85 \cdot D_{корп}. \quad (1)$$

Ширина лопаток вентилятора:

$$l_л \approx 0.2 \cdot D_{корп}. \quad (2)$$

Число лопаток вентилятора (например, при числе полюсов $2p$=2):

$$N_л \approx \sqrt[3]{D_{корп}}. \quad (3)$$

При этом конструкция вентилятора оказывает большое влияние на эффективность всей системы охлаждения. Такой подход к проектированию видится нам недостаточно точным.

В данной системе охлаждения критическое влияние на эффективность оказывает температура окружающей среды. При проектировании отталкиваются от температуры – 40°С. Однако, электродвигателям приходится работать, как в условиях более низких температур (что является скорее положительным фактором), так и в условиях более высоких температур. В таких условиях самовентиляция может не справиться с отводом тепла.

Самой главной проблемой данного способа охлаждения является прямая зависимость скорости вращения вентилятора от скорости вращения ротора. Следовательно, количество потребляемого вентилятором воздуха напрямую зависит от скорости вращения ротора. А поскольку именно воздух является хладагентом, то количество потребляемого вентилятором воздуха напрямую влияет на эффективность охлаждения электродвигателя [3,4].

В моей выпускной квалификационной работе бакалавра исследовалось влияние конструкции вентилятора (главный критерий – количество лопастей) на условия охлаждения асинхронного электродвигателя.В ходе эксперимента, с помощью анемометра, измерялась скорость воздушного потока в трёх точках. Две из них располагались со стороны противоположной вентилятору, у подшипниковых щитов. В верхней точке V1 воздух проходил практически по поверхности корпуса. К точке V2 воздух проходил между оребрения двигателя. Третья точка V3 располагалась со стороны вентилятора, на некотором отдалении. В третьей точке измерялась усреднённая скорость потока, который

втягивался вентилятором. Чтобы создать такой «усреднённый» поток, с этой стороны двигателя был установлен кожух длиной 800 мм и диаметром по размеру защитного кожуха вентилятора (~250 мм). Схема данного опыта представлена на рисунке 2.

Выяснив скорость воздушного потока в точке V3, можно узнать, сколько воздуха потребляет вентилятор, м^3/с:

$$Q = S \cdot V3. \tag{4}$$

где S – площадь поперечного сечения трубы кожуха, м^2;

V3 – скорость воздушного потока в контрольной точке 3, м/с.

Наглядное отображение потребления воздуха разными вентиляторами представлено на рисунке 3.

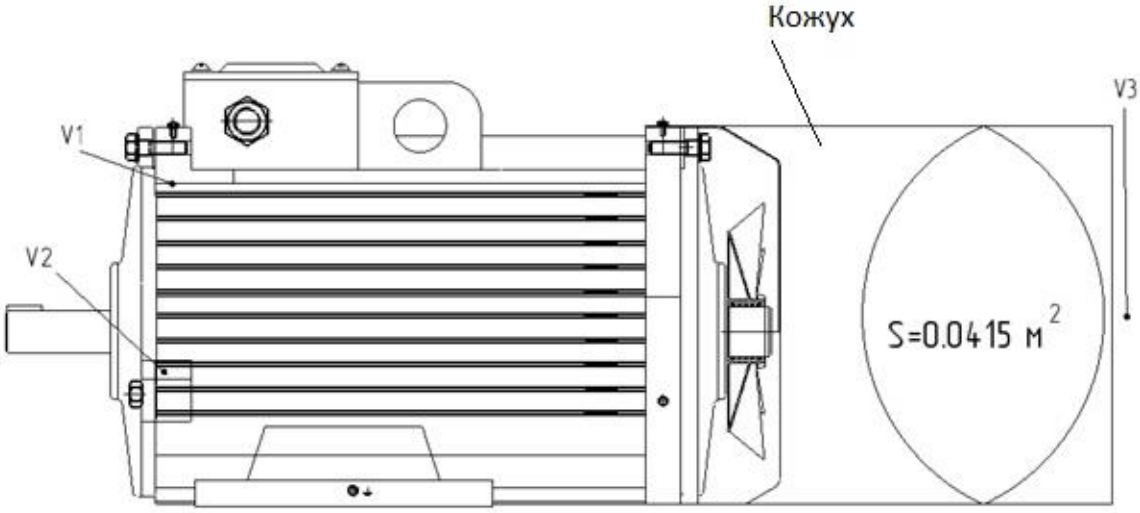


Рисунок 2 – Схема проведения эксперимента

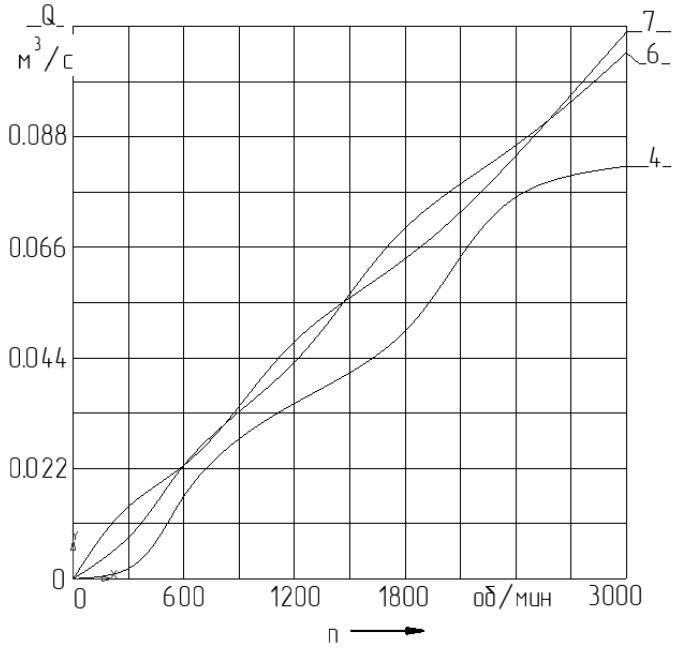


Рисунок 3 – Зависимость расхода воздуха от скорости вращения ротора, при количестве лопастей вентилятора: 4, 6, 7.

В ходе магистерской научно–исследовательской работы планируется использовать наработки из ВКР и внести конструктивные изменения ещё и в кожух системы охлаждения. Тем самым мы постараемся добиться повышения эффективности системы охлаждения. Также планируется провести ряд замеров и испытаний. Ранее они проводились исключительно на холостом ходу, а потому наглядность их была очень мала. Теперь же испытания буду проведены ещё и под нагрузкой, что позволит оценить эффективность проделанной работы в условиях приближенных к реальным рабочим условиям.

Список литературы

1. Исследование влияния климатических факторов на интенсивность отказов электрических машин / М. П. Саликов, И.И. Ямансарин, А.С. Безгин, Д.В. Сурков // Известия вузов. Электромеханика, 2018. - Т. 61, № 1. - С. 40-45.

2. Проектирование асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором: учебное пособие / А.М. Кутарёв; Оренбург: ОГУ, 2018.

3. Проектирование электрических машин / Под редакцией И.П. Копылова – Москва, «Энергия», 1980.

4. Усовершенствование систем охлаждения электродвигателей / Саликов М.П., Ямансарин И.И. В сборнике: Энергетика: состояние, проблемы, перспективы. Труды IX Всероссийской научно-технической конференции. 2018. С. 249-251.

5. Исследование вентиляторов электрических машин / В.И. Виноградов – Ленинградское отделение, «Энергия», 1970.

КАКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ МОЖЕТ СОЗДАВАТЬ ПОВЫШЕННУЮ ОПАСНОСТЬ ДЛЯ ОКРУЖАЮЩИХ ПО СМЫСЛУ СТАТЬИ 1079 ГРАЖДАНСКОГО КОДЕКСА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ?

Саликов М.П., канд. техн. наук, доцент,
Ямансарин И.И., канд. техн. наук.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

В названной в заголовке статье написано, что повышенную опасность для окружающих представляет электрическая энергия высокого напряжения. Известно, что электрическая энергия вырабатывается на электрических станциях виде трёхфазного переменного тока частотой 50 или 60Гц (Герц) напряжениемдо15 кВ (тысяч вольт) и после преобразования по величине на подстанциях передаётся по линиям электропередач напряжением 6, 10, 35, 110,220 кВ потребителю, где снижается до удобного для использования напряжения10,6,0,66и0,4 кВ. Потребители, получая такую энергию, создают и питают трёхфазные электрические сети с заземлённой или изолированной нейтралью напряжением 380и 660 В, устройства для получения постоянного тока напряжением 0,01-100 кВ.

Другим источником электрической энергии является атмосфера земли, создающая при определённых условиях так называемое атмосферное электричество, электрическое напряжение которого может достигать 10^9Вольт [1].

В чём заключается опасность электрической энергии?- Прикосновение к токоведущим частям влечёт повреждения кожи, протекание электрического тока через тело, часто заканчивающееся смертью. Возникновение электрической дуги может привести и к пожару и к выгоранию части тела человека или животного. Длительное нахождение в охранной зоне линии электропередачи или под воздействием электромагнитного поля технологической установки влечёт потерю здоровья на длительное время. А поражение грозовым электричеством? Эти проявления электрической энергии опасны для окружающих. А что же опаснее потери здоровья и смерти? Что оправдывает наличие слова «повышенную» в статье?-Ничего! Это лишнее слово. Оставление его статье может повлечь бесконечные споры о квалификации обсуждаемого в суде случая в отношении степени опасности.

Электрическая энергия характеризуется электрическим напряжением. В статье написано: «электрическая энергия высокого напряжения». Но в природе и технике встречаются электрические энергии с напряжениями в очень широком диапазоне от долей вольта до тысяч киловольт. Что в этом диапазоне считать высоким напряжением? В статье разъяснений нет! Но ГОСТ 32144-2013 [2] вп. 3.1.13даёт такое определение: Высокое напряжение – это напряжение, значение которого превышает 35кВ, но не превышает 220кВ.

Несмотря на строго определённое положение этого нормативного источника использовать его в обсуждаемой статье нельзя ввиду следующего:

-Упомянутое положение нормативного источника относится к электрическим сетям. Область же применения обсуждаемой статьи шире. Это и сети и установки и приборы, электрический транспорт, бытовая электропроводка и т.д.

-Сети напряжением 35 – 220кВ обслуживаются высококвалифицированным персоналом, немногочисленны, а поэтому аварии несчастья при их эксплуатации маловероятны.

-Применять статью № 1079 только для напряжений в диапазоне 35 – 220кВ нерационально, поскольку по статистическим данным наибольшее число электротравм, смертей и пожаров происходит при работе с электроустановками напряжением до 1000 В[3].

-На степень опасности влияет не только величина электрического напряжения, но и наличие и правильность устройства ограждений электроустановок, состояние окружающей среды, режим нейтрали источника питания электрической энергией.

Учитывая вышеизложенное авторы считают правильным исключить из обсуждаемой статьи слова «повышенной» и «высокого напряжения».

Список литературы

1 Кошкин, Н. И. Справочник по элементарной физике [Текст] / Н. И. Кошкин, М. Г. Ширкевич .- 9-е изд. - М. : Наука, 1982. - 208 с. - Предм. указ.: с. 205-208.

2 ГОСТ 32144-2013Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная.

3 Манойлов, В. Е.Основы электробезопасности [Текст] / В. Е. Манойлов.- 5-е изд., перераб. и доп. - Л. : Энергоатом, 1991. - 480 с. : ил.

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ МАГИСТРАНТАМИ ЭЛЕКТРИКАМИ ТВОРЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ «НЕЧЕТКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЗАДАЧАХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ»

Семенова Н.Г., д-р пед. наук, доцент,
Семенов А.М., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

В соответствии с Национальной технологической инициативой по созданию и обеспечению условий для технологического лидерства России к 2035 году одним из приоритетных научно-технологических направлений развития РФ является переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, созданию систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта [1]. В связи с этим подготовка высококвалифицированных специалистов в области электроэнергетики должна быть ориентирована на формирование у студентов цифровых компетенций в области проектирования, исследования различных электроэнергетических процессов и систем. Под цифровыми компетенциями понимаем комплекс компетенций по работе в цифровой среде и с цифровыми продуктами, включая активность по созданию и сбору данных, их обработке и анализу, а также по автоматизации процессов с помощью компьютерных технологий и методов искусственного интеллекта [2]. Из этого следует, что в рабочие программы учебных дисциплин, связанных с изучением специализированных программных сред, информационно-коммуникационных технологий, а также дисциплин, ориентированных на выполнение научно-исследовательской деятельности бакалавров, магистрантов по направлению «Электроэнергетика и электротехника» должны быть включены разделы, посвященные изучению методов и технологий искусственного интеллекта. Вышесказанное обуславливает актуальность и значимость разработки методических положений ориентированных на изучение моделей и методов искусственного интеллекта студентами электриками, не владеющих в полном объеме навыками программирования сложных неформализованных задач.

Цель работы:разработать научно-методические рекомендации по выполнению творческого задания «Нечеткое моделирование в задачах электроэнергетики» с использованием программных средств, реализующих алгоритмы нечеткого вывода.

В соответствии с поставленной целью сформулированы следующие задачи:

1. Выделить основные теоретические положения теории нечетких множеств и нечеткой логики при изучении этих тем студентами электриками,

не владеющих в полном объеме навыками программирования.

2. Обосновать основные этапы методики изучения темы «Нечеткий вывод» для магистрантов, обучающихся по направлению 13.04.02, магистерская программа «Автоматизированные энергетические системы и комплексы».

3. Разработать методические рекомендации по выполнению творческого задания «Нечеткое моделирование в задачах электроэнергетики» с использованием программного средства «Программная система нечеткого вывода», реализующего работу блока «Интеллектуальная система».

Кратко представим результаты решения каждой задачи.

В процессе выполнения первой задачи получены следующие результаты:

1. Выделены следующие содержательные сущности теории нечетких множеств и нечеткой логики:

- четкие и нечеткие множества;
- понятие функции принадлежности;
- виды функций принадлежности;
- операции с нечеткими множествами;
- лингвистическая переменная;
- формирование базы лингвистических правил нечеткой экспертной системы;
- алгоритмы нечеткого вывода.

2. Предложено при изучении теории нечеткого вывода акцент делать на изучение алгоритма нечеткого вывода Мамдани.

Результаты решения второй задачи следующие:

1. Предложена структура нечеткого вывода, укрупненно состоящая из, выделенных нами, 3-х модулей, рисунок 1:

- фаззификация;
- интеллектуальная система;
- дефаззификация.

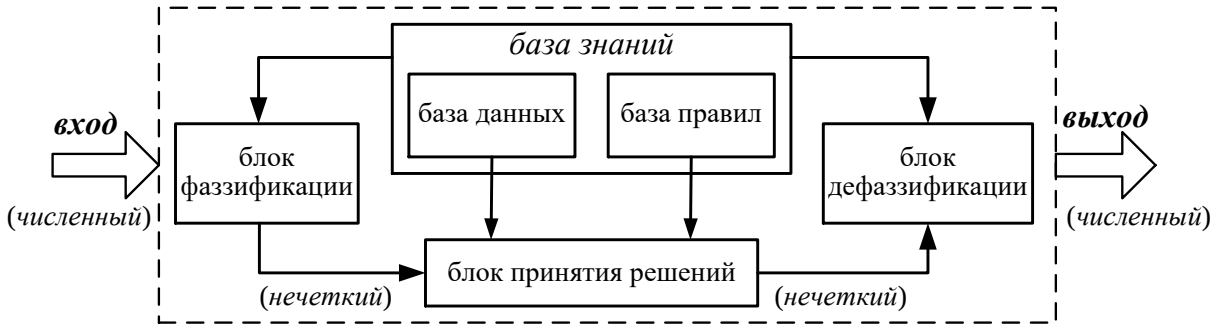


Рисунок 1 - Структура нечёткой системы

2. Анализ структуры нечеткого вывода позволяет выделить следующие основные этапы методики изучения темы «Нечеткий вывод Мамдани» для магистрантов, обучающихся по направлению 13.04.02, магистерская программа «Автоматизированные энергетические системы и комплексы»:

-1-й этап «Фаззификация»;

- 2-й этап «Интеллектуальная система»;

- 3-й этап «Дефаззификация».

Необходимо заметить, что выделенные нами названия этапов коррелируют с названиями модулей структуры нечеткого вывода.

Рассмотрим каждый этап.

Фаззификация

На этом этапе обучающиеся должны знать основные положения теории «Нечеткие множества», а именно:

- что такое нечеткое множество, чем нечеткое множество отличается от четкого;

- что такое лингвистическая переменная, как она задается;

- что такое функция принадлежности, виды функций принадлежности, как выбирать вид функции принадлежности в зависимости от характера изменения лингвистической переменной предметной задачи.

Интеллектуальная система

На втором этапе обучающиеся должны научиться составлять лингвистические правила в форме нечетких лингвистических высказываний «**ЕСЛИ** …., **ТО**….».

Так как магистрантам, которые обучаются по направлению «Электроэнергетика и электротехника» необязательно знать детально математический аппарат и его реализацию, таких операционных действий, как: агрегирование подусловий в нечетких правилах продукций; активизация или композиция подзаключений в нечетких правилах продукций; аккумулирование заключений нечетких правил продукций, поэтому магистрантам предлагается использовать готовую программу реализатор для блока «Интеллектуальная система». В качестве программы реализатора предлагается использовать зарегистрированное программное средство «Программная система нечеткого вывода»[3]. Также блок «Интеллектуальная система» может быть реализован в среде Matlab.

Дефаззификация

На 3-м этапе обучающиеся должны уметь анализировать полученный результат и делать соответствующий вывод.

Таким образом, на основании выделенных нами основных структурных модулей нечеткого вывода и основных методических этапов изучения темы «Нечеткий вывод» нами разработаны научно-методические рекомендации по выполнению творческого задания «Нечеткое моделирование в задачах электроэнергетики», включающие следующие методические действия:

1. Определение входных и выходной лингвистических переменных для своей темы исследования.

2. Составление для каждой переменной терм-множества.

3. Определение диапазона изменения для каждого терма лингвистической переменной.

4. Выбор для каждого терма лингвистической переменной соответствующей функции принадлежности.

5. Составление лингвистической базы правил.

6. Анализ полученных результатов.

Выводы

1. Выделены основные содержательные сущности изучения темы «Нечеткий вывод» магистрантами электриками, не владеющими в полном объеме навыками программирования: четкие и нечеткие множества; понятие функции принадлежности; виды функций принадлежности; операции с нечеткими множествами; лингвистическая переменная; формирование базы лингвистических правил нечеткой экспертной системы; алгоритм нечеткого вывода Мамдани.

2. Для повышения эффективности обучения магистрантов электриков по теме «Нечеткий вывод» предложено в рабочую программу дисциплины «Исследование и моделирование электроэнергетических систем» ввести выполнение творческого задания, ориентированного на предмет исследования ВКР.

3. Разработаны научно-методические рекомендации для выполнения творческого задания «Нечеткое моделирование в задачах электроэнергетики», включающие в себя следующие методические действия:

1. Определение входных и выходной лингвистических переменных применительно к предмету исследования ВКР магистранта.
2. Составление для каждой переменной терм-множеств.
3. Определение для каждого терма лингвистической переменной диапазона изменения.
4. Выбор для каждого терма лингвистической переменной соответствующей функции принадлежности.
5. Составление лингвистической базы правил.
6. Анализ полученных результатов.

Результаты апробации предложенной методики показали, что 92 % студентов при изучении темы «Нечеткое моделирование в задачах электроэнергетики» усвоили тему на «отлично». Результаты творческого задания могут быть включены магистрантами в свою ВКР.

Список литературы

1. Национальная технологическая инициатива [Электрон. ресурс].Режим доступа:https://ntcontest.ru/about/we-in-nti/ (дата обращения 04.12.21)

2. Машинное обучение в энергетике [Электрон. ресурс].Режим доступа:https://courses.openedu.urfu.ru/courses/course1:UrFU+MLENERGY+fall_2020/course

3. Свидетельство № 2011613402. Российская Федерация. Программная система нечеткого вывода: свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ в Федеральной службе по интеллектуальной собственности,

патентам и товарным знакам / А.М. Семенов, Н.А. Соловьев, А.С. Цыганков; заявитель и правообладатель Оренбург. гос. ун-т; опубл. М.: 29.04.2011.

.

АНАЛИЗ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ В ОБЛАСТИ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Семенова Н.Г., д-р пед. наук, доцент, Сидоренко Д.С.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Эксплуатация электроизмерительных приборов, находящихся в неудовлетворительном техническом состоянии, приводит как к прямым финансовым потерям, связанным с выходом из строя приборов, так и к косвенным потерям из-за простоя производственного и технологического оборудования. Потери от неисправности электроизмерительных приборов в значительной степени могут решаться на основе диагностики электроизмерительных приборов за счет обнаружения дефектов в приборах на ранней стадии их возникновения.

В настоящее время диагностика электроизмерительных приборов осуществляется с использованием как аналоговых, так и цифровых приборов. В данной работе был проведен анализ научно-технической литературы в области существующих методов и средств диагностики электроизмерительных приборов. Проведенный анализ позволил разбить их условно на три группы.

К первой группе отнесен методы непосредственной оценки[1], направленные на определение значения величины непосредственно по отсчетному устройству мерительного прибора (силу тока по амперметру, напряжение по вольтметру и т.д.). Основные достоинства данного метода следующие:

- возможность непосредственного наблюдения за изменениями измеряемой величины;
- быстрота получения результата измерений.

К недостаткам следует отнести:

- точность, ограниченную погрешностями градуировки СИ;
- низкий спектр измерений метрологических характеристик.

Приборы непосредственной оценки представляют собой аналоговые приборы, включающие измерительный преобразователь, который преобразует одну измеряемую величину в другую, доступную для сравнения наблюдателем или автоматическим устройством. В стрелочных приборах происходит преобразование измеряемой величины в угол поворота подвижной части, отмечаемый стрелкой. По положению стрелки, находится значение измеряемой величины. Таким образом, деления шкалы отсчетного устройства являются "отпечатком" значения реальной физической величины и поэтому для нахождения значений измеряемых прибором величин могут быть использованы непосредственно. Следовательно, все приборы непосредственной оценки реализуют принцип сравнения с физическими величинами.

Ко второй группе отнесен методы сравнения с мерой[2], Этот метод направлен на сравнение измеряемой величины с величиной воспроизводимой мерой. Измерение метрологических характеристик осуществляется с использованием аналоговых и цифровых приборов на лабораторной установке с эталонным оборудованием. Метод сравнения с мерой, в отличие от предыдущего позволяет увеличить точность измерения, а также данный метод имеет более широкий спектр измерений метрологических характеристик. Однако, реализация метода сложнее, по сравнению с непосредственным методом, при использовании этого метода необходимы профессиональные навыки, специализированное оборудование и большие затраты времени на подбор мер. Отличительным признаком метода сравнения является то, что в процессе каждого измерительного эксперимента происходит сравнение двух независимых друг от друга однородных величин – измеряемой и известной. Именно этот метод используется при диагностики электроизмерительных приборов в лабораториях службы метрологии, основываясь на Межгосударственные стандарты: ГОСТ 23624-2001, ГОСТ 7746-2015 и ГОСТ 8.217-2003.

К третьей группе отнесены автоматизированные системы диагностики, разработанные на основе методов искусственного интеллекта [3,4]. Существенный вклад в разработку интеллектуальных систем диагностики электроизмерительных приборов внесли ученые С.В. Головина, И.Э. Гаглоева и другие. Не оспаривая ценность проведенных работ, необходимо отметить следующее:

1. разработанные автоматизированные системы диагностики ориентированы на конкретные электроизмерительные приборы, используемые на определенных промышленных предприятиях;

2.разработанные алгоритмы диагностирования на основе методов искусственного интеллекта достаточно сложно программно реализовать.

На основании вышеизложенного в работе планируется разработать универсальную автоматизированную систему диагностики для широкого спектра электроизмерительных приборов на основании методов экспертного оценивания, программную реализацию которых достаточно просто осуществить.

Предполагается, что разработанная интеллектуальная автоматизированная системы диагностики электроизмерительных приборов (ИАСДЭИП) позволит повысить достоверность и объективность в выявлении функциональных неисправностей приборов, а также соответствия функциональных характеристик диагностируемых приборов заявленным характеристикам завода-изготовителя.

Для наглядности результаты проведенного сравнительного анализа методов и средств диагностики электроизмерительных приборов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты сравнительного анализа методов и средств диагностики электроизмерительных приборов

	Методы и средства диагностики электроизмерительных приборов	**Достоинства**	**Недостатки**
1	Метод непосредственной оценки	- Быстрота получения результата измерений; - возможность непосредственного наблюдения за изменениями измеряемой величины.	- Точность ограничена погрешностями градуировки СИ; - низкий спектр измерений метрологических характеристик.
2	Метод сравнения с мерой	- Высокая точность измерения; - широкий спектр измерений метрологических характеристик.	- Более сложная реализация метода; - необходимость наличия профессиональных навыков, специализированного оборудования; - большие затраты времени на подбор мер.
3	Интеллектуальная автоматизированная система диагностики	-Достоверность ввыявлении функциональных неисправностей приборов; - объективность в выявлении соответствия функциональных характеристик диагностируемых приборов заявленным характеристикам завода-изготовителя; - универсальность.	- Недостаточная разработанность теоретических основ создания ИАСДЭИП

В 2020 году была утверждена энергетическая стратегия России до 2035 года [5], одним из главных направлений которой является цифровая трансформация и интеллектуализация электроэнергетики, в контексте которого разработка интеллектуальных автоматизированных систем для управления, контроля, диагностики электроэнергетических объектов, комплексов является приоритетной.

Однако, в настоящее время научно-технической литературы по разработке ИАСДЭИП недостаточно. На основании, можно заключить, что тема исследования, а именно «Разработка интеллектуальной системы по диагностике электроизмерительных приборов» является актуальной и значимой.

Список литературы

1. Николенко Е.Н. Метрология, стандартизация и сертификация-Учебное пособие. — Москва: МАИ. 1.0.0

2. Бирюков С.В., Чередов А.И.Б 64 Метрология: Тексты лекций. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2000, - 110 с.

3. Головин С.В. Интеллектуальный автоматизированный комплекс для диагностирования и организации ремонта промышленного электрооборудования – Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. – Иркутск, 2011.

4. Гаглоева И.Э., Алгоритм функционирования интеллектуальной системы поддержки принятия решений для оценки технического состояния и эффективности процесса обновления и модернизации производственных фондов электроэнергетических объектов // Интернет-журнал «Науковедение», 2013 - №3.

5. Распоряжение Правительства РФ от 09.06.2020 №1523-р «Об утверждении Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года»

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ ТЕПЛОВЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Соколов В.Ю., канд. техн. наук, доцент, Базаркина М.Д.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Границы проектирования системы теплоснабжения крупного промышленного предприятия Оренбургской области расположены от запорно-регулирующей арматуры на выходе из ЦТП до существующей запорной арматуры на вводе в производственные и административно-бытовые здания. Схема расположения объектов представлена на рисунке 1.

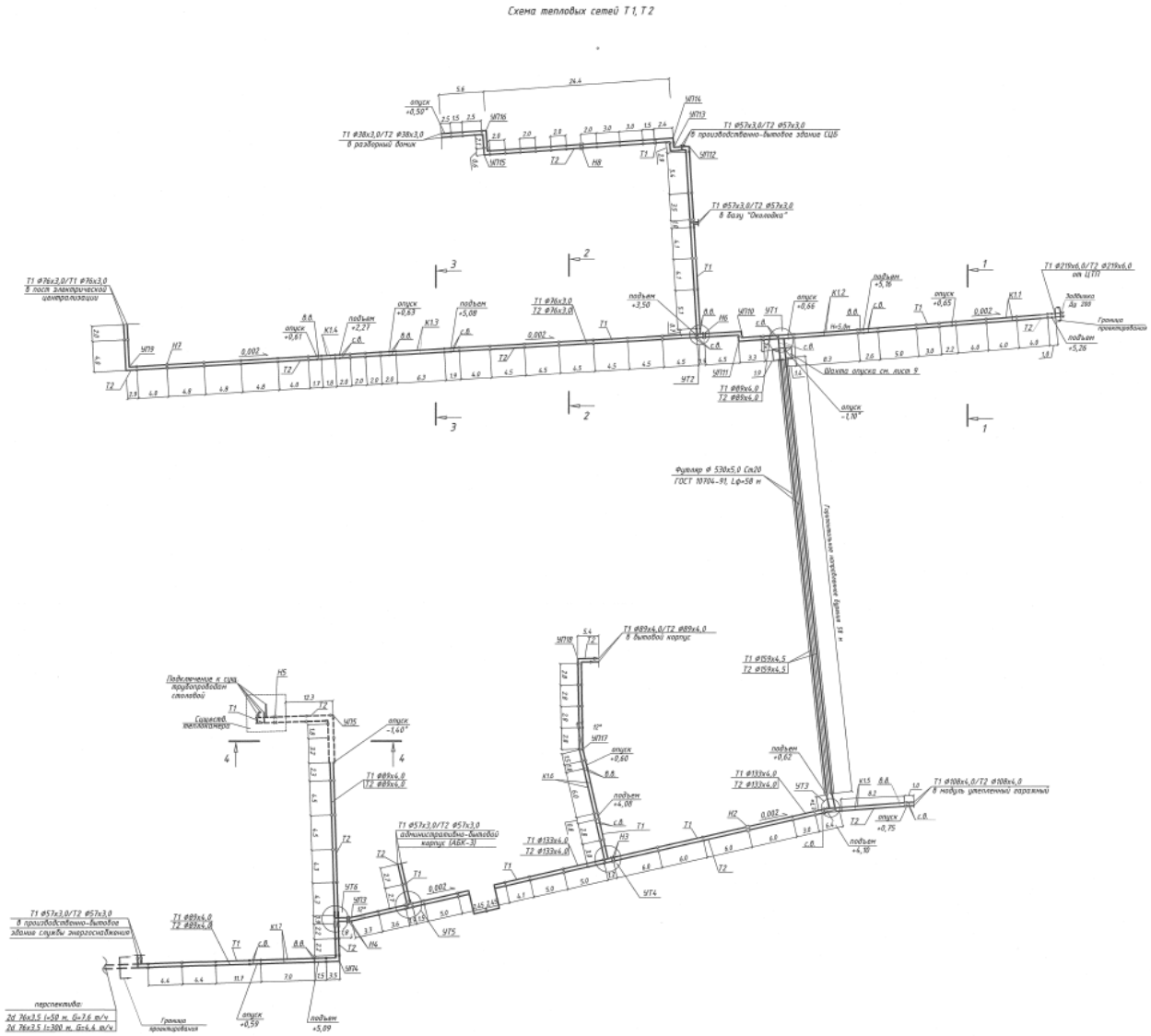


Рисунок 1- Схема трубопроводов Т1 и Т2 подающей и обратной линий тепловой сети

Внутренние сети отопления и горячего водоснабжения производственных и административно-бытовых зданий – существующие. Существующие наружные сети теплоснабжения (паровое, электроотопление, водяное

отопление) подлежат демонтажу. Демонтаж техническим заданием не предусмотрен и выполняется в рамках отдельного проекта.

Трубопроводы теплоснабжения и горячего водоснабжения по ПБ 10-573-03, после ЦТП - не категорируются. Система проектируемой распределительной сети теплоснабжения производственных и административно-бытовых зданий станции Заводская закрытая, независимая, четырехтрубная, тупиковая. Характеристики сети следующие: подающий трубопровод водяной тепловой сети 95 ºС, давление 0,6 МПа (6 кгс/см²), обратный трубопровод водяной тепловой сети 70 ºС, давление 4 МПа, (4,0 кгс/см²), подающий трубопровод горячего водоснабжения (ГВС) - 65 ºС, давление – 0,45 МПа (4,5 кгс/см²), циркуляционный трубопровод ГВС, давление – 0,3 МПа (3,0 кгс/см²).

При входе и выходе из ЦТП на подающем и обратном трубопроводах водяной тепловой сети установлены узлы учета (разработка ООО "Паровые системы", г. Санкт-Петербург).

Проектируемые тепловые сети проложены:

- надземно на опорах в два яруса, на низких опорах от + 0,5 м , переходы над проездами на высоких опорах на высоте (+5,0; +6,0) м от уровня земли до нижней образующей трубы;

- подземно (бесканально) методом горизонтально направленного бурения при пересечении с центральным въездом на территорию станции Заводская. Обоснование выбора метода см. Приложение У.

- в железобетонных лотках со съемным перекрытием - при переходе внутренней автомобильной дороги к существующей тепловой камере

- открытым способом (бесканально) от тепловой камеры (сущ.) до зданий.

По всей длине трубопроводы прокладываются с уклоном не менее 0,002. Компенсация тепловых деформаций решена за счет углов поворотов, П-образных компенсаторов (подъемов, опусков). Расчет на прочность трубопроводов водяной тепловой сети и ГВС выполнен в программах Exel и «СТАРТ» версия 4.67 в соответствии с РД 10-400-01, РД 10-249-98. Результаты расчетов обязательно представляются в отрисованном виде в проектной документации раздел приложений Т.1 и Т.2.

В нижних точках трассы предусмотрены штуцеры с запорной арматурой для спуска воды, в верхних точках - для выпуска воздуха (воздушники).

Спуск воды при переходе внутренних автодорог предусматривается в бетонированные приямки с отводом воды на открытую местность по согласованию с эксплуатацией. Спуск воды участка, проложенного методом ГНБ с последующей откачкой передвижным насосом в проектируемый колодец-охладитель.

Трубопроводы водяной тепловой сети приняты:

- из стальных труб по ГОСТ 30732-2006 с тепловой изоляцией из пенополиуретана со стальным оцинкованным защитным покрытием при надземной прокладке;

- из стальных труб по ГОСТ 30732-2006 с тепловой изоляцией из пенополиуретана с полиэтиленовым защитным покрытием при прокладке методом ГНБ и открытым способом;

-из стальных труб по ГОСТ 30732-2006 с тепловой изоляцией из пенополиуретана с полиэтиленовым защитным покрытием при прокладке в железобетонных лотках со съемным перекрытием;

- из стальных труб по ГОСТ 8732-78* бесшовные горячедеформированные, технические условия по ГОСТ 8731-87, группы В. Сталь 20 ГОСТ 1050-88 при прокладке в существующей тепловой камере и открыты.

Трубопроводы горячего водоснабжения приняты:

- из стальных труб по ГОСТ 30732-2006 с тепловой изоляцией из пенополиуретана со стальным защитным покрытием при надземной прокладке;
- из трубы "Изопрофлекс – А Плюс" из сшитого полиэтилена с теплоизоляцией из пенополиуретана в гофрированной полиэтиленовой оболочке по ТУ 2248-021-40270293-2005 при прокладке трубопроводов ГВС методом горизонтально направленного бурения.

- из стальных труб по ГОСТ 30732-2006 с тепловой изоляцией из пенополиуретана с полиэтиленовым защитным покрытием при прокладке в железобетонных лотках со съемным перекрытием и открытым способом;

- из стальных труб по ГОСТ 8732-78* бесшовные горячедеформированные, технические условия по ГОСТ 8731-87, группы В. Сталь 20 ГОСТ 1050-88 при прокладке в существующей тепловой камере.

Участки сварных соединений и детали трубопроводов при надземной прокладке трубопроводов теплоизолируются скорлупой из пенополиуретана по ТУ 2254-017-0244147-98 с дополнительной облицовкой из оцинкованного кожуха, креплением термоусаживаемой лентой. [4]

Срок службы трубопроводов по СО 153-34.17.464-2003 - 30 лет.

В качестве запорной и спускной арматуры приняты:

– затворы дисковые стальные тип АС.1.612.1123-УЛ, Ру1,6 МПа.

– краны шаровые фланцевые, стальные Ру1,6 МПа. Проектируемая арматура выбрана с герметичностью затвора по ГОСТ 9544-2005 класс "А" , климатическое исполнение – У1.

При прокладке надземно предусмотрена установка хомутовых подвижных опор, неподвижных опор комплектной поставки с трубами.

Водяные тепловые сети диаметром 159 и толщиной стенок 4,5 мм и ГВС диаметром 84 при толщине стенок 6 мм прокладываемые методом горизонтально направленного бурения, прокладываются в защитных футлярах подземно и при входе и выходе из земли. [1]

В качестве футляров приняты стальные трубы по ГОСТ 10704-91, с изоляцией "весьма усиленной" из полиэтиленновой ленты "Полилен МВ" по ТУ 102- 610-92 с оберткой "Полилен-0" по ТУ 102-611-92 по грунтовке ГФ-021 по ГОСТ 25129-82*. Концы футляра зачеканить смоляным канатом, цементом и залить битумной мастикой.

Трубопроводы водяных тепловых сетей и ГВС при входе в землю проложить в шахте. [2]

Трубопроводы водяных тепловых сетей и ГВС при переходе через строительные конструкции проложить в гильзах на 50 мм больше диаметра трубопровода, зазор заполнить негорючим материалом (минеральная вата). [3]

Сварку стальных трубопроводов произвести электродами УОНИ 13/55 по ГОСТ 9467-75. Сварные швы и конструктивные требования выполнить по ГОСТ 16037-80*. При производстве сварочных работ необходимо выполнять требования РД 153-34.1-003-01.

Трубопроводы теплоснабжения заполнены энергетическим носителем в виде воды с параметрами в подающем трубопроводе Т1 = 95 °С, в обратном трубопроводе Т2 = 70 °С. Давление в подающем трубопроводе тепловых сетей - 0,6 МПа (6 кгс/см^2). Давление в обратном трубопроводе тепловых сетей- 0,4 МПа (4 кгс/см^2). Горячее водоснабжение (ГВС) предприятия предусмотрено по независимой схеме через теплообменник с температурой в подающем трубопроводе - 65 °С. [5-6]

Проект повышает эффективность работы сетей теплоснабжения и увеличивает объем реализации тепла потребителям, таким образом ликвидирован существующий дефицит тепловой мощности и реализована возможность подключения новых потребителей. Реализация проекта позволит снизить затраты на покупаемую электроэнергию и повышается надежность сетей теплоснабжения и снижение теплопотерь.

Список литературы

1. СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84*;
2. СНиП 3.05.04-85* Наружные сети и сооружения водоснабжения и канализации;
3. СП 40-102-2000 Проектирование и монтаж трубопроводных систем водоснабжения и канализации из полимерных метериалов;
4. СП 41-107-2004 Проектирование и монтаж подземных трубопроводов горячего водоснабжения из труб ПЭ-С с тепловой изоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке;
5. СанПиН 2.1.4.2496-09 Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения. Изменение к СанПиН 2.1.4.1074-01;
6. СП 18.13330.2011 Генеральные планы промышленных предприятий. Актуализированная редакция СНиП II-89-80*;

ПРОЕКТ ЦТП ПРЕДНАЗНАЧЕНОГО ДЛЯ РАЦИОНАЛЬНОГО И ЭКОНОМИЧНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ, ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ, ВЕНТИЛЯЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ И АДМИНИСТРАТИВНО-БЫТОВЫХ ЗДАНИЙ

Соколов В.Ю., канд. техн. наук, доцент,
Васянин Е.Г., канд. техн. наук, доцент,
Козловцев А.П., д-р техн. наук, профессор
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»,
МРСООО «Газпром добыча Оренбург»,
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный аграрный университет»

Проектируемый центральный тепловой пункт (ЦТП) и площадочные сети строительство которых предусматривается на территории промышленного объекта, являются сооружениями, обеспечивающими функционирование существующего объекта производственного назначения. Нами выполнен проект реконструкции наружных тепловых сетей и сетей горячего водоснабжения на основании задания на проектирование выданного промышленным предприятием. По полученным входным данным спроектировано теплоснабжение предприятия от проектируемого ЦТП.[1-3]

ЦТП предназначен для рационального и экономичного распределения тепловой энергии в системах отопления, горячего водоснабжения, вентиляции производственных и административно-бытовых зданий, а также для регулирования и учета параметров теплоносителя, поступающего к производственным и административно-бытовым зданиям промышленного предприятия. Здание ЦТП по степени надежности электроснабжения относится, согласно Техническим Условиям № 11/10/7007 от 08.11.2012 г. на подключение к инженерным сетям для обеспечения электроснабжения объекта, к потребителям I категории.

Проектируемый ЦТП блочного исполнения, с размерами в плане 10,0 на 3,0 на 3,0 м, в комплекте с системами жизнеобеспечения, комплектной заводской поставки ООО «Паровые системы», г. Санкт-Петербург.

Блок-бокс контейнерного типа выполнен на основе стального каркаса, обшитого наружными и внутренними листами с внутренним огнестойким наполнителем, крыша съемная, выполнена из оцинкованных панелей.

Степень огнестойкости здания- III. По взрывопожарной и пожарной опасности помещение ЦТП относится к категории Д. Блок-бокс устанавливается на фундамент ленточного типа. ЦТП работает в автоматическом режиме, не требующем постоянного присутствия обслуживающего персонала.

Основными элементами ЦТП являются теплообменное оборудование, циркуляционные насосы, а также система автоматики и запорно-регулирующая арматура.

Блок-бокс оснащен системами приточно-вытяжной вентиляции, кондиционирования и обогрева, автоматически регулирующие температуру внутри ЦТП.

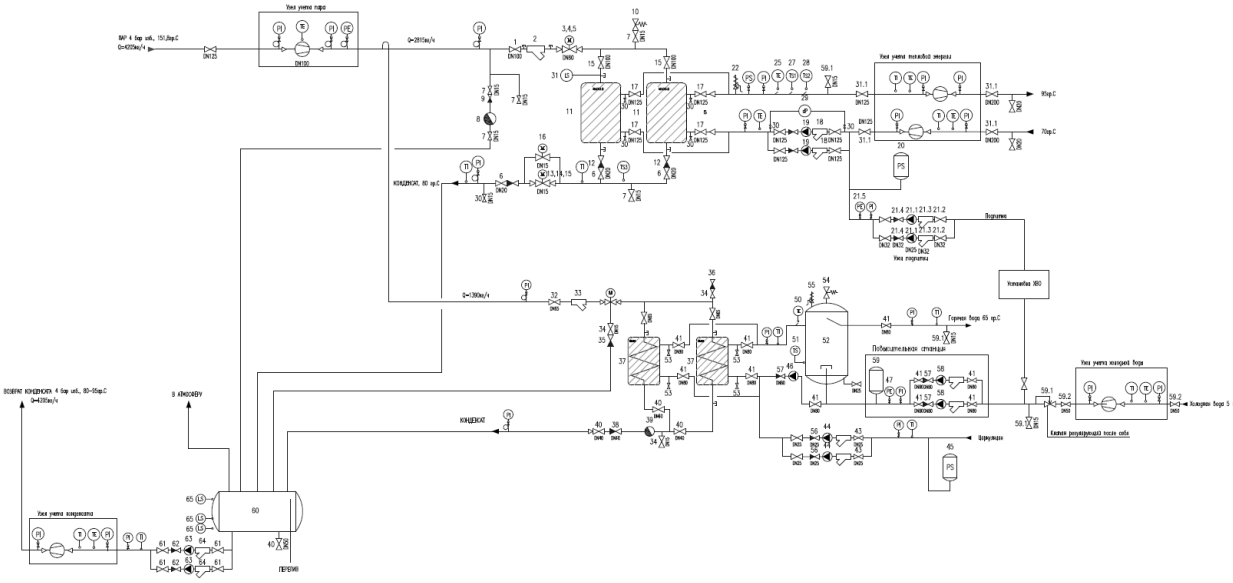


Рисунок 1- Принципиальная схема расположения основного и вспомогательного оборудования в ЦТП

Схема подключения ЦТП независимая, одноступенчатая с параллельным подключением теплообменников ГВС и независимым присоединением системы водяного теплоснабжения. Теплообменники ГВС и системы водяного теплоснабжения основной и резервный.

Первичный теплоноситель – пар давлением от 0,4 до 0,45 МПа, температурой плюс 150 ºС, от источника тепловой энергии (паропровода Ду 250 мм) поступает в ЦТП, где происходит нагрев вторичного теплоносителя (горячая вода). Возврат парового конденсата от здания ЦТП предусмотрен в существующий штуцер Ду 50 в здании насосной и в штуцер Ду100 трубопровода транспортировки парового конденсата от насосной в паросиловой цех. [1-3]

Нагрев вторичного теплоносителя (воды) систем водяной тепловой сети и горячего водоснабжения производственных и административно-бытовых зданий осуществляется в пароводяных теплообменниках насыщенным паром низкого давления.

Источником водоснабжения центрального теплового пункта (ЦТП) является существующая сеть хозяйственно-питьевого и противопожарного водопровода Ду 200 мм. Давление в точке подключения: рабочее 2 кгс/см^2; максимальное 9 кгс/см^2.

Насосное оборудование обеспечивает циркуляцию теплоносителя в системе теплоснабжения.

В соответствии с требованиями п.4 СанПиН 2.1.4.2496-09 для лабораторного производственного контроля качества горячей воды в ЦТП на подающих трубопроводах исходной воды, водяной тепловой сети, ГВС предусмотрены штуцеры с кранами условным диаметром Dy = 15 мм для отбора проб.

Электроснабжение ЦТП выполнить двумя взаиморезервируемыми кабелями МГ1, МГ2 (ВБбШв-4х35) от РП-1, от фидера №1 I секции шин и от фидера №2 II секции шин (от резервных автоматов). Предусмотрена замена резервных автоматов 160 А, QF1 и QF2, на автоматы 125 А.

На вводе в тепловой пункт проектом предусматривается установка ящика управления ввода электроэнергии с АВР: ЯУ-К-8202S-0-40741 производства ООО «Казаньэлектрощит» г. Казань.

Система автоматики ЦТП обеспечивает поддержание заданной температуры воды, идущей на горячее водоснабжение, а также осуществляет местное качественное регулирование температуры горячей воды, идущей на системы отопления и вентиляции.

Состав оборудования ЦТП:

- узел учета тепловой энергии на подающем и обратном трубопроводе теплосети;
- узел учета конденсата;
- узел учета пара;
- узел учета электроэнергии;
- установка возврата парового конденсата;
- узел подпитки;
- узел учета холодного водоснабжения;
- теплообменное оборудование (теплообменники для систем отопления, горячего водоснабжения);
- насосное оборудование (насосы систем отопления, горячего водоснабжения, подпиточные, циркуляционные);
- станция повышения давления;
- водоподготовка;
- контрольно-измерительные приборы и автоматика (щит автоматики, датчики температуры и давления, регулирующие клапаны, приборы учета тепловой энергии, термометры, манометры и т.д.).
- запорно-регулирующая арматура;
- дренажные и канализационные устройства;
- автоматическая пожарная сигнализация;
- диспетчеризация;
- шкаф станции управления (ШСУ) с частотным регулированием (ЧР).

Преимущества выбранного оборудования:

- регулируемый отпуск тепловой энергии в зависимости от наружной температуры или температуры в помещениях;

- возможность поддержания заданной температуры воды в системе горячего водоснабжения;

- программируемый режим отопления по часам дня и дням недели, с поддержанием оптимальной температуры воздуха в помещениях различного назначения;

- поддержание давления теплоносителей на заданном уровне при любых колебаниях нагрузки; - обеспечение учета расхода тепловой энергии;

- значительное снижение потерь тепловой энергии;

- резкое сокращение эксплуатационных затрат на теплообменное оборудование, а также затрат, связанных с межсезонными ремонтами ЦТП;

- регулирование давления воды;

- автоматическое включение резервных насосов при выходе из строя рабочих;

- дистанционный контроль параметров работы ЦТП.

Диспетчеризация ЦТП будет предусматриваться в проекте на двух уровнях:

1. Локальная диспетчеризация - сбор сигналов и текущих параметров с индикацией на щитах управления и локальных контроллерах.

Контролируемые параметры: температура теплоносителя на входе и выходе ЦТП, давление теплоносителя на входе и выходе ЦТП, расход теплоносителя на входе и выходе ЦТП, тепловая энергия – расчетным, путем по алгоритмам заложенным в тепловычислитель, расход холодной воды на входе в ЦТП, потребление электроэнергии на нужды ЦТП, контроль фаз на входе в ЦТП, давление на выходном патрубке насосного оборудования, срабатывание предохранительных устройств, контроль затопления полов ЦТП, пожарная сигнализация.

2. Дистанционный контроль параметров работы ЦТП

Источники сигналов: контроллеры, устройства передачи данных (для релейных схем, тепловычислителей и счетчиков электроэнергии), расположенные в щитах управления ЦТП

Линии связи: в качестве каналообразующего оборудования для приема данных с автоматизированного ЦТП и передачи на диспетчерский пульт используется GSM GPRS/EDGE/3G шлюзы АМК Сибирь. Связь осуществляется с использованием услуги сотового оператора – APN/Приватная сеть/Корпоративная сеть, позволяющая сформировать изолированную локальную виртуальную сеть.

Диспетчерский пульт: сервер сбора, хранения и обработки информации на базе IBM совместимого ПК. В качестве пульта используется Астра S.T.HP.WIN2008.SQL2008.RSx0.SEM.10, диспетчерский пульт комплектуется монитором 19", манипулятором мышь, клавиатурой и активной акустической системой мощностью 5 Вт (для звукового оповещения персонала диспетчерской о наличии аварийных ситуаций).

Операционная система: Windows .Так же предусмотрены: специализированная программа автоматической обработки и визуализации

данных "АПК АСТРА", программное обеспечение для вывода информации в форматах /doc, /xls: MSWord, MSExcel.

Отображаемые параметры: температура теплоносителя на входе и выходе ЦТП, давление теплоносителя на входе и выходе ЦТП, расход теплоносителя на входе и выходе ЦТП, тепловая энергия, потребление электроэнергии на нужды ЦТП, аварийные ситуации (по кодам), давление на выходном патрубке насосного оборудования, срабатывание предохранительных устройств, срабатывание пожарной сигнализации.

Эффективность инвестиций по выполненным расчетам подтверждается показателями, значения которых выше корпоративных критериев эффективности: внутренняя норма доходности (IRR) – 13,8 процентов (больше Е=10 процентов), индекс доходности дисконтированный – 2,36 (больше единицы).

Список литературы

1. СП 41-101-95 Проектирование тепловых пунктов
2. СП 41-107-2004 Проектирование и монтаж подземных трубопроводов горячего водоснабжения из труб ПЭ-С с тепловой изоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке
3. СП 124.13330.2012 Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003

РАБОТА ГАЗОТУРБИННЫХ ЭЛЕКТРОАГРЕГАТОВ CAPSTONE C1000 В КЛАСТЕРЕ

Карпухов В.Н., начальник службы энергообеспечения,
Соколов В.Ю., канд.техн.наук, доцент
Ямальский филиал ООО «Газпромтранс»,
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Проектируемый центральный тепловой пункт (ЦТП) и площадочные сети строительство которых предусматривается на территории промышленного объекта, являются сооружениями, обеспечивающими функционирование существующего объекта производственного назначения.Нами выполнен проект реконструкции наружных тепловых сетей и сетей горячего водоснабжения на основании задания на проектирование выданного промышленным предприятием. По полученным входным данным спроектировано теплоснабжение предприятия от проектируемогоЦТП.[1-3]

Для объединения нескольких ГТЭА в кластер используется так называемый сервер управления мощностью Advanced Power Server (далее APS). Внешний вид и сенсорная панель управления APS представлены на рисунках далее.

Рисунок 1 - Внешний вид сервера управления мощностью APS

Основными компонентами APS являются:

1. Панель управления контроллера:

- Axiomtek (8”) или Advantech (12”).

2. Программируемый логический контроллер PLC:

- 7x24 постоянного тока «выход»;
- 13x24 постоянного тока «вход»;
- 128 Modbus RS-485 регистраторы для ведомых МТУ;
- 3 слота для карт (дополнительная опция).

3. Терминальные блоки (ТВ) для всех типов присоединений, кроме силовых.
4. Ethernet медиа конвертер.
5. Электропитание и UPS.
6. Выключатели сети.[4]

Рисунок 2 - Сенсорная панель управления APS

Все логические группы и режимы управления для кластера доступны для APS. Работа в кластере позволяет синхронизировать по напряжению и частоте все микротурбинные системы в группе. APS является единственной физической и логической точкой управления в кластере, определяемой как Master, она направляет информацию о сигналах и командах ко всем другим агрегатам.

Кластер может работать в каждом из рабочих режимов: автономно, с сетью и в двойном режиме. В каждом режиме каждый электроагрегат имеет свою долю мощности, тока и нагрузки как в переходном, так и в устоявшемся режиме и вырабатывает ток, основываясь на запрошенных требованиях нагрузки.

ГТЭА Capstone используют два цифровых коммуникационных соединения между системами в кластере, позволяющие передавать информацию:

- Управление нагрузкой – для команд управления используется Ethernet. Команды (запуск, остановка, запрос мощности) подводятся к APS, который работает как Master. APS посылает результирующие команды к каждому электроагрегату в кластере, в плановом порядке запрашивает у всех

присоединенных ГТЭА данные по работе и тревогам. Пользователь может затребовать данные от любого агрегата через APS;

- Инвертор синхронизации – в автономном режиме одна МТУ, используемая как инвертор-мастер, посылает сигналы напряжения и частоты ко всем остальным ГТЭА для синхронизации, применяя сигналы RS-485. При этом МТУ инвертор-мастер не будет являться «Мастером» для кластера и не требует дополнительного конфигурирования, кроме того, которое устанавливается в кластере через APS. Кабель кластера включает соединения RS-485, а также глобальную аварийную остановку и линии пробуждения блоков АКБ, так что по этим проводным соединениям команды могут немедленно посылаться от APS всем другим ГТЭА в кластере. При этом APS посылает команды только на ГТЭА в кластере, а контроллеры, установленные на каждом ГТЭА, осуществляют управление МТУ внутри каждого агрегата. На рисунке 1.3 представлена типовая схема соединений в кластере с ГТЭА С1000.

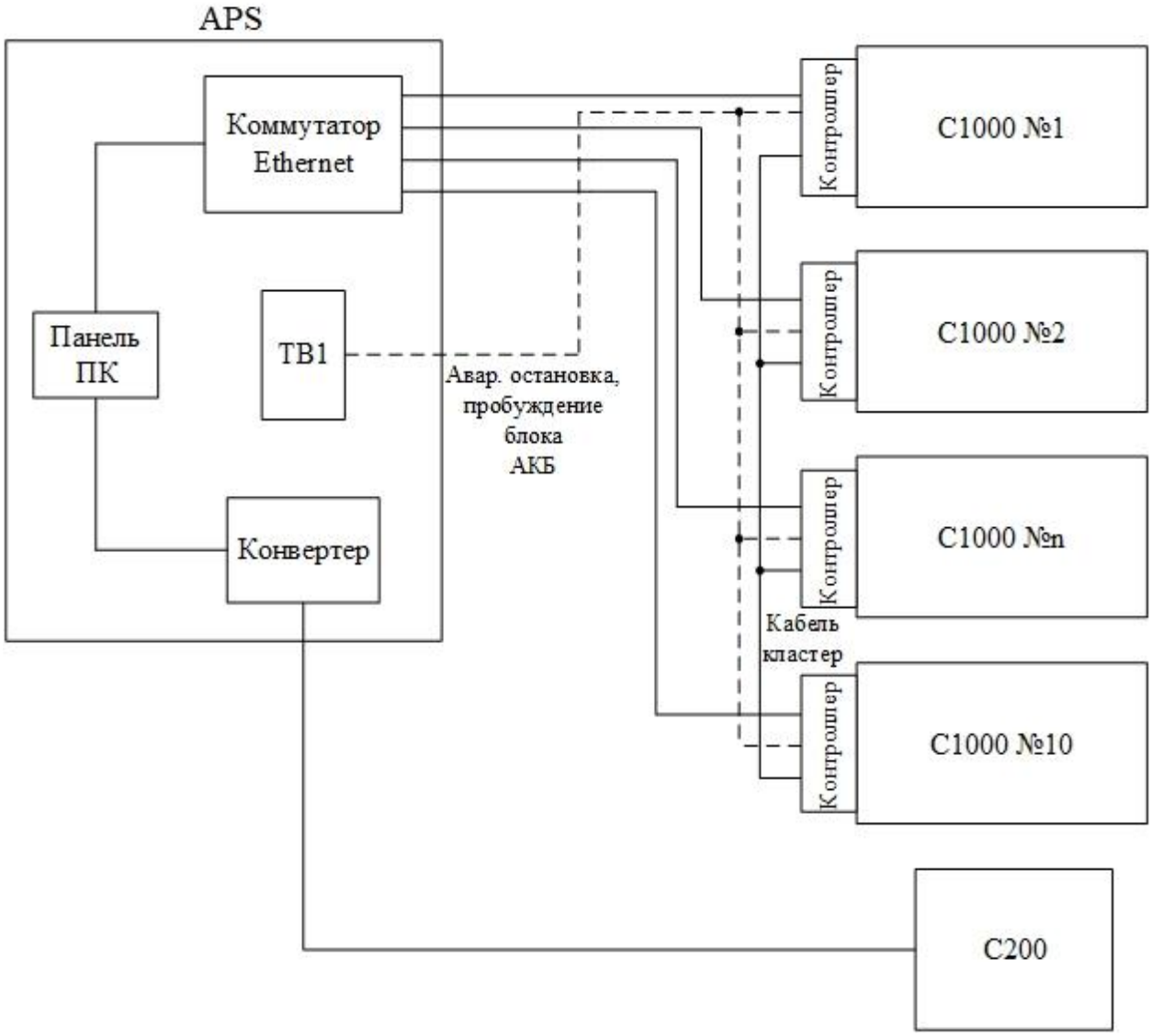


Рисунок 3 – Типовая схема соединений в кластере с ГТЭА С1000.

При работе в кластере становятся доступными дополнительные функции:

- автоматическое управление до 10 ГТЭА C1000 – график запуска и остановки в зависимости от времени дня, потребности в электроэнергии или более полный комплекс логических установок;

- оптимальное количество установленных ГТЭА – работа оборудования основывается на потребности в электроэнергии, экономической эффективности, утилизация выделяемого тепла или дублирования потребности в энергии;

- максимизация эффективности и минимизация эмиссии в кластере – режим максимальной эффективности позволяет достигать наивысшей энергетической эффективности посредством наиболее широкого подключения через интеллектуальное распределение запрошенной энергии между отдельными агрегатами;

- снижение стоимости обслуживания путем обеспечения баланса времени работы (Run Time Balance) – APS обеспечивает равное количество часов работы ГТЭА, что выравнивает интервалы обслуживания;

- управление и контроль всеми электроагрегатами с одного полностью функционального жидкокристаллического сенсорного экрана.

Кроме указанных выше двойного, автономного режима и режима работы с сетью, кластер позволяет осуществлять дополнительные режимы регулирования работы группы ГТЭА через APS.

APS включает три режима регулирования. Для каждого режима APS рассчитывает максимальную электрическую мощность группы ГТЭА на основе текущих рабочих параметров. Это свойство позволяет APS производить коррекцию с целью снижения выдаваемой ГТЭА мощности и предупреждать перегрузку какого-либо ГТЭА. Рассмотрим подробно каждый из режимов:

Баланс нагрузки. Потребность в энергии обеспечивается APS и это требование распределяется среди всех задействованных ГТЭА. Такой режим доступен как при работе с сетью, так и при автономной работе. Кластер откликается на увеличение нагрузки, увеличивая скорость вращения каждой МТУ, совместно увеличивая выдаваемую мощность. В данном режиме велика вероятность снижения эффективности работы кластера при уменьшении нагрузки и отключения кластера при ее резком увеличении.

Режим оптимальной эффективности и горячий резерв.Данный режим является наиболее предпочтительным для большинства применений.

APS включает некоторые возможности, которые дают преимущество многоагрегатным системам для оптимизации эффективности в выработке электроэнергии как при работе с сетью, так и при автономной работе.

При данном режиме APS выполняет запрос по нагрузке и определяет сколько отдельных ГТЭА или МТУ должно работать, чтобы выполнить этот запрос. Затем потребность в энергии равномерно распределяется между работающими агрегатами. Это позволяет некоторым агрегатам быть постоянно отключенными при малой потребности в энергии и увеличивает КПД работающих ГТЭА, заставляя их работать с мощностью, близкой к номинальной. Но при работе в данном режиме учитывается также величина так называемого «горячего резерва» имеющегося в наличии и используемого,

чтобы обеспечить стабильную работу кластера, если приходится справляться с быстрым увеличением нагрузки. Эта величина действует как воображаемая потребность в энергии и устанавливается как примерная величина ожидаемого максимального изменения потребности в электроэнергии.

Когда величина «горячего резерва» добавляется к реальной потребности в энергии, результат используется для определения количества требуемых для работы агрегатов. Реальная потребность в энергии затем делится между числом работающих МТУ в порядке установки индивидуальной потребности в энергии для каждого. Этим подтверждается, что изменение потребности равно установленному горячему резерву и может быть обеспечено без запуска дополнительных МТУ для быстрой выдачи энергии и более стабильной работы.

Установка уровня энергии. Этот режим позволяет всегда использовать установку вручную конфигурацию работы по схеме максимальной эффективности, введением установки включения и выключения для каждого агрегата в кластере.

Это выполняется с использованием следующих четырёх установок для каждого агрегата или МТУ:

- порог начала выдачи энергии;
- порог прекращения выдачи энергии;
- задержка включения;
- задержка выключения.

Используя этот режим регулирования, пользователь устанавливает уровни энергии, при которых каждый отдельный элемент кластера включается и выключается. Этот режим возможен только при работе с сетью.

Список литературы

1. Газотурбинные электроагрегаты С600, С800, С1000. Руководство по эксплуатации, БПЦЭ.400024.00РЭ, BPCgroup, 2010 год.

2. Соколов В.Ю., Карпухов В.Н., Анализ опыта фактической эксплуатации газотурбинных агрегатов CapstoneC1000, проблемные вопросы и методы их решения. /Всероссийская научно-методическая конференция 23-25 января 2020 года. /Университетский комплекс, как региональный центр образования, науки и культуры.

3. Руководство по диагностике и устранению неисправностей в микротурбинном агрегате Capstone модели C200/C1000 (TroubleshootingGuide), BPCgroup, 2011 год.

4. А. Мерзлов, «Создание собственных источников энергоснабжения на базе газотурбинных и газопоршневых двигателей,» «РУДНИК БУДУЩЕГО», ВЫПУСК (6), № 2, pp. 117-122, 2011.

5. Godefroy, J., Boukhanouf, S.R., "Design, Testing and Mathematical Modelling of a Small-Scale CHP and Cooling System (Small CHP-Ejector Trigeneration)", Applied Thermal Engineering 27: 68-77, 2007.

МЕТЕОДАННЫЕ НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ВЫБОРА КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ИСПОЛЬЗУЕМОЙ В ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

Соколов В.Ю. канд.техн.наук, доцент,
Колесникова И.В.. канд.филос.наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

По природно- географическим условиям район Оренбургской области расположен на стыке азиатской и европейской частей Российской Федерации.В ландшафтном отношении территория соответствует степной и лесостепной зоне. На севере области ближе к лесо- степной зоне. На юге ярко выражено отличие от остальной климатической зоны региона. Для проведения расчетов климатический справочник предлагает условия города Оренбурга, Кувандыка и Сорочинска, но это очень упрощенное деление как по климатическим параметрам, так и по количеству осадков и силе ветрового потока возникающего в пределах Оренбургской области. На востоке области значительное воздействие на перемещающиеся воздушные массы воздуха оказывает Саринское плато, на котором в дневной промежуток времени нагревается значительная масса воздуха стремящаяся вверх. Что в свою очередь обеспечивает хаотичное приточно-направленное движение потоков воздуха по всем возвышенностям на участках местности.

Таблица 1- Расчетные значения температуры воздуха за многолетний период

Станция горы Сулак	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Среднемесячная и годовая температура воздуха													
За многолетний период	-14,4	-13,8	-7,3	5,3	14,9	20,0	22,0	20,0	13,4	4,7	-4,2	-10,9	4,2

Таблица 2- Расчетные значения температуры воздуха за 30 летний период

Станция горы Сулак	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Среднемесячная и годовая температура воздуха													
За последние 30 лет	-13,1	-12,7	-6,1	7,0	15,3	20,5	22,1	19,8	13,6	5,1	-3,7	-9,2	4,9

Исследуемые объекты вертоэнергетических машин расположены на станции Каргала под Оренбургом на территории производственной площадки ООО "Тюльганского электромеханического завода". Ближайшие населённые пункты: село Черноречье Оренбургской области и Оренбург находятся на расстоянии 10 и 30 км.

Расположение метеорологической станции в Оренбурге (Оренбургская область, Россия):широта 51.68 долгота 55.10 высота над уровнем моря 117 м.

Таблица 3- Расчетные значения температуры воздуха с использованием программного комплекса smartcalc.ru/thermocalc

Основные климатические параметры		
Температура холодной пятидневки с обеспеченностью 0.92	-29	˚C
Продолжительность отопительного периода	202	суток
Средняя температура воздуха отопительного периода	-6	˚C
Относительная влажность воздуха наиболее холодного месяца	79	%
Условия эксплуатации помещения	А	
Количество градусо-суток отопительного периода (ГСОП)	5070.0	°C·сут

Таблица 4- Средние месячные и годовые значения температуры и парциального давления водяного пара

Месяц	Т, ˚C	Е, гПа	Месяц	Т, ˚C	Е, гПа
Январь	-13	2.2	Июль	22.3	14.2
Февраль	-12.4	2.2	Август	20.5	12.4
Март	-5.3	3.6	Сентябрь	14.1	9
Апрель	7.3	6.4	Октябрь	5.4	6.4
Май	15.6	8.8	Ноябрь	-2.9	4.4
Июнь	20.3	12.5	Декабрь	-9.7	2.8
Год				5.2	7.1

Для района Оренбургской области характерно недостаточное и неустойчивое увлажнение. Этот вопрос в прошлом веке пытались решить за счет Ириклинского водохранилища, но зеркало испарения большой массы воды дало изменение климатических характеристик Башкирии и Челябинской области, и практически не сказалось на параметрах влагосодержания воздуха на востоке Оренбуржья, а тем более на его средней части, где и располагаются объекты ветроэнергетики.

Таблица 5-Переход суточных температур воздуха через заданные значения и число дней с температурой, превышающей эти пределы

Характеристика	Температура, °С						
	-15	-10	-5	0	5	10	15
Даты перехода	6.02	9.03	25.03	5.04	16.04	27.04	16.05
	14.01	5.12	17.11	31.10	15.10	27.09	10.09
Продолжительность периода	341	270	236	208	181	152	116

Данные о суммарных месячных и годовых осадках за весь период наблюдений и за последние 30 лет с выделением доли осадков разного вида приведены в таблице 6.

Таблица 6-Суммарные месячные и годовые осадки

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Средние	27	22	23	25	35	42	41	32	31	38	36	34	386
Средние за осадки	28	20	20	25	27	37	39	30	31	Менее 0,5 %	34	34	358
Максимальны	39	50	65	104	128	168	129	138	92	80	85	74	749
Минимальные	1	1	5	0	1	0	8	0	0	5	0	0	200
Т,	91	86	68	16	Менее 0,5 %	Менее 0,5 %	Менее 0,5 %	Менее 0,5%	Менее 0,5 %	11	43	80	27
Ж, процент	Менее 0,5 %	2	10	61	98	100	100	100	98	71	24	2	62
С,	8	12	22	23	2	Менее 0,5 %	Менее 0,5 %	Менее 0,5%	2	18	33	18	11

Среднемноголетние показатели динамики снежного покрова содержатся в таблице 7.

При разработке проекта в качестве исходных данных приняты следующие климатические характеристики:

– климатический район строительства – III А;

– расчётная зимняя температура наружного воздуха – минус 31,8°С;

– расчётная ветровая нагрузка – 0,38 кПа;

– расчётная снеговая нагрузка – 2,4 кПа;

– глубина промерзания грунта – 1,41 м.

Таблица 7-Динамика снежного покрова

Число дней	Появление покрова снега			Образование устойчивого снежного покрова			Нарушение устойчивого снежного покрова			Сход снежного покрова		
144	Средняя	Ранняя	Поздняя	Средняя	Ранняя	Поздняя	Средняя	Ранняя	Поздняя	Средняя	Ранняя	Поздняя
	2.11	4.10	6.12	2.11	26.10	7.01	8.04	17.03	24.04	10.04	20.03	24.04

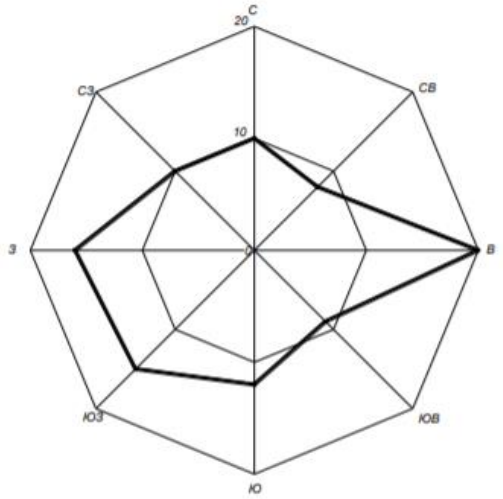


Рисунок 1 – Эпюра ветровых потоков по метеостанции Оренбург.

Таблица 8- Распределение ветровой нагрузки

С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
10	8	20	9	12	15	16	10	3,9

Список литературы

1. Klutke G-A, Kiessler PC, Wortman M. A critical look at the bathtub curve. IEEE Transactions on Reliability. 2003;52:125-129

2. Архив погоды // Погода в России и мире [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.komimeteo.ru/

РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЕКТА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Соколов В.Ю. канд.техн.наук, доцент,
Соколова Т.Ю. канд.экон.наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Согласно Постановления Правительства РФ от 5 мая 2014 г. N 410 «О порядке согласования и утверждения инвестиционных программ организаций, осуществляющих регулируемые виды деятельности в сфере теплоснабжения, а также требований к составу и содержанию таких программ (за исключением таких программ, утверждаемых в соответствии с законодательством Российской Федерации об электроэнергетике)» в инвестиционную программу подлежат включению мероприятия, целесообразность реализации которых обоснована в схемах теплоснабжения соответствующих поселений, городских округов.

Рассмотрим на примере вложения инвестиций по проекту теплоснабжения на промышленного предприятия в газоперерабатывающем секторе Оренбургской области. Согласно сводному сметному расчету в текущем уровне цен на 01.01.2020 г. составляет 36 337,11 тыс. руб. с учетом НДС (20%) и 30 280,91 тыс. руб. без учета НДС. Продолжительность реконструкции – 4 месяца. Структура капитальных вложений по видам затрат представлена в таблице 1.

Таблица 1– Структура капитальных вложений по видам затрат

Наименование	Инвестиции, тыс. руб.				
	Строительные работы	Монтажные работы	Оборудование	Прочие затраты	Всего
Инвестициибез учета НДС	18 086,36	1 263,99	7 285,01	3 645,58	30 280,91
Инвестиции с учетом НДС 20%	21 703,63	1 516,78	8 742,01	4 374,69	36 337,11
Удельный вес к итогу процентов	59,73	4,17	24,06	12,04	100,00

Факторами влияющими на экономическую эффективность проекта, является сокращение эксплуатационных издержек за счет снижения затрат энергоресурсов, поставляемых сторонними организациями.

Материальные затраты, показатели деятельности предприятия по теплоснабжению за 2020 г. представлены в таблице 2.

Таблица 2– Потребление энергетических ресурсов

№ п/п	Наименование	Единица измерения	Количество	Тариф	Стоимость без НДС, тыс. руб.
1	Тепловая энергия в горячей воде	Гкал	448	751,61	336,72
2	Передача тепловой энергии по сетям	Гкал/час	6	30615,00	183,69
3	Тепловая энергия в паре	Гкал	799	839,28	670,58
4	Передача тепловой энергии по сетям	Гкал/час	3,6	30615	110,21
5	Подпитка сети	т	60	107,06	6,42
6	Невозврат конденсата	т	1239	175,63	217,61
7	Услуги по передаче тепловой энергии	Гкал/час			215,17
	ИТОГО:				1740,40

Расход электроэнергии на нужды отопления и горячего водоснабжения в 2019 году от сетей Газоперерабатывающего завода по теплоснабжению представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Расход электроэнергии на нужды отопления и горячего водоснабжения

№ п/п	Наименование	Э год1 (кВт·час)	Тариф НН Рруб./кВт·час	Стоимость тыс. руб.
1	Отопление зданий	654 480	3,558	2 328,64
2	Горячее водоснабжение	241 776	3,558	860,24
3	Электроэнергия	221 757	3,093/3,558	736,28
	ИТОГО	1 118 013		3 925,16

Текущие затраты на капитальный и текущий ремонт существующей системы отопления и горячего водоснабжения по данным Заказчика составили 570, 48 тыс. руб.

Стоимость основных фондов, вводимых в действие за счет инвестиций, определена исходя из сметной стоимости за исключением затрат, не включаемых в основные фонды. [1-2]

Затраты, не включаемые в основные фонды, составляют 6 056,18 тыс. руб., в том числе:

- налог на добавленную стоимость – 6 056,18 тыс. руб.

Стоимость вводимых фондов составляет - 30 280,91 тыс. руб. и представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Стоимость вводимых фондов

Наименование фондов	Сумма, тыс. руб.
Здания, сооружения	22 995,90
Оборудование	7 285,01

Продолжительность расчетного периода в размере 10 лет рассчитана исходя из срока износа производственных фондов плюс первый год осуществления капвложений, в который не производятся амортизационные отчисления. Шаг расчета 1 год выбран исходя из удобства проведения оценки коммерческой эффективности проекта на базе исходных данных. Указанные выше данные сведены в таблицу 5.

Таблица 5 – Продолжительность расчетного периода

№ п/п	Показатели	Величина	Обоснование
1	Область внедрения	Сети теплоснабжения	
2	Капитальные вложения (без НДС), тыс. руб.		Сметный расчет
3	Инвестиционный период	- 4 месяца	Проект
4	Затраты на капремонт тыс. руб./год		0,5 процентов от капвложений
5	Амортизационные отчисления	9,8 процентов	Единая норма амортизации
6	Налог на прибыль	20 процентов	Налоговое законодательство
7	Расчетный период	10 лет	
8	Норма дисконта	10,5процентов	Исходные данные,выданные «Заказчиком»
9	Шаг расчета	1 год	

Расчет текущих издержек на обслуживание сетей по проекту «Сети теплоснабжения на станции Заводская» производится в соответствии с данными, определенными в отдельной части проекта, с использованием исходных данных. Стоимость вводимых энергоресурсов определена исходя из потребности на электроснабжение ЦТП и приведена в таблице 6.

Принятые проектные технические решения не предусматривают увеличения численности обслуживающего персонала и изменения существующей организации труда службы ЭВС. Годовой фонд оплаты труда и отчисления на социальное страхование не изменяются и составляют 30,2% от годового фонда.

Таблица 6 – Стоимость вводимых энергоресурсов

Наименование	Годовой расход, (кВт час)	Тариф за единицу (без НДС) (руб.)
Электроэнергия	114 759	3,558

Нормы амортизационных отчислений определены в соответствии с постановлением Правительства РФ от 01.01.2002г. «О классификации основных средств, включаемых в амортизационные группы» (с изменениями и дополнениями). Норма амортизации принята 9,8 процентов. Расчет стоимости амортизационных отчислений представлен в таблице 7.

Таблица 7 – Нормы амортизационных отчислений

Наименование	Стоимость вводимых фондов, (тыс. руб.)	Норма амортизационных отчислений, (%)	Сумма амортизационных отчислений, (тыс. руб.)
Вводимые основные фонды	30 280,91	9,8	2 967,53

Расходы на капитальный ремонт основных средств ориентировочно приняты в размере 0,5 процентов от стоимости вводимых в эксплуатацию объектов основных фондов. Расчет расходов на ремонт основных средств представлен в таблице 8.

Таблица 8 - Расчет расходов на ремонт основных средств

Наименование	Стоимость вводимых фондов, (тыс. руб.)	Принятая величина эксплуатационных расходов, (%)	Сумма эксплуатационных расходов, (тыс. руб.)
Вводимые основные фонды	30 280,91	0,5	151,40

В состав прочих расходов входят:

- налоги, уменьшающие налогооблагаемую прибыль;

- оплата технического обслуживания и текущего ремонта сторонними организациями по договорам.

Для расчета прочие расходы ориентировочно приняты в размере 51 процентов от суммы эксплуатационных затрат, без учета амортизационных отчислений и представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Прочие расходы

Сумма эксплуатационных затрат (без учета амортизационных отчислений) (тыс. руб.)	Принятая величина прочих расходов, (процентов)	Сумма прочих расходов, (тыс. руб.)
559,72	51	285,46

Структура расходов на эксплуатацию проектируемых сетей представлена в таблице 10.

Таблица 10 –Структура расходов на эксплуатацию проектируемых сетей

Наименование элементов затрат	Сумма, (тыс. руб.)
1 Прямые расходы	3 527,06
1.1 Материальные затраты	408,31
1.2 Расходы на капитальный ремонт	151,40
1.3 Амортизационные отчисления	2967,53
2 Косвенные расходы	285,46
2.1 Прочие расходы	285,46
Итого:	3 812,52

Расходы на эксплуатацию проектируемых сетей теплоснабжения составляют 3 812,52 тыс. руб.

При определении эффективности инвестиций от реализации проекта учтены следующие основные принципы оценки эффективности:

− рассмотрение проекта на протяжении всего жизненного цикла - расчётного периода;

− учёт фактора времени;

− принцип положительности и максимума эффекта;

− сравнений ситуаций «С проектом» и «Без проекта».

Расчет эффективности инвестиций в проектирование сетей теплоснабжения на станции Заводская определяется в соответствии с:

- «Методическими рекомендациями по оценке эффективности инвестиционных проектов», утвержденных Министерством экономики РФ, Министерством финансов РФ и Государственным комитетом РФ по строительной, архитектурной и жилищной политике 21.06.1999 N ВК 477; [3]

- Приказ Минэнерго России от 28.01.2019 N 45 (ред. от 09.12.2020) «Об утверждении плана деятельности Министерства энергетики Российской Федерации на период 2019 - 2024 годов».[4]

В качестве основных показателей, используемых для расчетов эффективности сетей теплоснабжения, рекомендуются:

- чистый доход;
- чистый дисконтированный доход;
- внутренняя норма доходности;
- индексы доходности затрат и инвестиций;
- срок окупаемости;
- группа показателей, характеризующих финансовое состояние предприятия.

Расчет текущих издержек производится в соответствии с данными, определенными в отдельных частях проекта с использованием исходных данных. Расчет произведен по принципу «С проектом» и «Без проекта» на базе условных денежных потоков.

Рассмотрим расчет материальных затрат *«Без проекта».*

За отчетный период материальные расходы станции Заводская составили 5 665,55 тыс. руб. Материальные расходы включают затраты на все энергоресурсы для нужд отопления и горячего водоснабжения и представлены в таблице 11.

Таблица 11– Стоимость энергоресурсов

№ п/п	Наименование	Стоимость без НДС, тыс. руб.
1	Тепловая энергия в горячей воде	336,72
2	Передача тепловой энергии по сетям	183,69
3	Тепловая энергия в паре	670,58
4	Передача тепловой энергии по сетям	110,21
5	Подпитка сети	6,42
6	Невозврат конденсата	217,61
7	Отопление зданий	2 328,64
8	Горячее водоснабжение	860,24
9	Услуги по передаче тепловой энергии	215,16
10	Электроэнергия	736,28
	ИТОГО:	5 665,56

Далее рассмотрим расчет материальных затрат *«С проектом».*

Стоимость энергоресурсов по проекту определена исходя из потребности в материальных ресурсах, местных цен и тарифов и приведена в таблице 12.

Таблица 12– Стоимость энергоресурсов по проекту

Наименование	Годовой расход, (кВт час)	Тариф за единицу (без НДС) (руб.)	Стоимость электроэнергии (тыс. руб.)
Электроэнергия	114 759	3,558	408,31

Снижение материальных затрат произойдет за счет за счет сокращения затрат на энергоресурсы, в том числе и на электроэнергию.

Расчет снижения материальных затрат представлен в таблице 13.

Таблица 13– Расчет снижения материальных затрат

Наименование статьи затрат	Сумма затрат, «с проектом» (тыс. руб.)	Сумма затрат, «без проекта» (тыс. руб.)	Снижение (-) Увеличение (+) (тыс. руб.)
Материальные затраты	408,31	5 665,56	- 5 257,25
Итого:			- 5 257,25

Таким образом, после внедрения проекта материальные расходы станции Заводская снизятся на 5 257,25 тыс. руб. и составит в ситуации «С проектом» 408,31тыс. руб. Принятые проектные технические решения не предусматривают увеличения численности обслуживающего персонала и изменения существующей организации труда службы ЭВС.

Таким образом, после внедрения автоматизированной системы управления расходы на оплату труда в ситуациях «Без проекта» и «С проектом» не изменятся. После внедрения проекта не предусматривается увеличение численности работающих, таким образом страховые платежи в ситуациях «без проекта» и «с проектом» не изменятся.

Общее снижение годовых расходов предприятия в ситуации «С проектом» составит 2 437,60 8тыс. руб.

Таким образом, основные технико-экономические показатели по проекту сети теплоснабжения промышленного предприятия представлены следующими данными: общий объем инвестиций по объекту в текущем уровне цен на 01.01.2020 г. с НДС (20%) составит всего - 36 337,11 тыс. руб., в том числе: строительно-монтажные работы – 23 220,41 тыс. руб.; оборудование - 8 742,01 тыс. руб.; прочие - 4 374,65 тыс. руб.; Продолжительность строительства - 4 мес.

Реализация проекта позволит получить следующие финансовые результаты: чистый дисконтированный доход - 4 299,9 тыс. руб.; внутренняя норма доходности - 13,8 процентов; срок окупаемости дисконтированный - 8 лет; срок окупаемости простой - 5 лет; индекс доходности дисконтированный - 2,36;

Эффективность инвестиций по проекту подтверждается показателями, значения которых выше корпоративных критериев эффективности: внутренняя норма доходности (IRR) – 13,8 процентов (больше Е=10 процентов), индекс доходности дисконтированный – 2,36 (больше единицы).

Исходя из изложенного, проект сети теплоснабжения промышленного предприятия следует считать экономически целесообразным.

Проект повышает эффективность работы сетей теплоснабжения и увеличивает объем реализации тепла потребителям, таким образом ликвидирован существующий дефицит тепловой мощности и реализована возможность подключения новых потребителей. Реализация проекта позволит снизить затраты на покупаемую электроэнергию и повышается надежность сетей теплоснабжения и снижение теплопотерь.

Список литературы

1. СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84*;

2. СНиП 3.05.04-85* Наружные сети и сооружения водоснабжения и канализации;

3. Методическими рекомендациями по оценке эффективности инвестиционных проектов», утвержденных Министерством экономики РФ, Министерством финансов РФ и Государственным комитетом РФ по строительной, архитектурной и жилищной политике 21.06.1999 N ВК 477

4. Приказ Минэнерго России от 28.01.2019 N 45 (ред. от 09.12.2020) «Об утверждении плана деятельности Министерства энергетики Российской Федерации на период 2019 - 2024 годов».

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ УТИЛИЗАЦИИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Соколов В.Ю. канд.техн.наук, доцент,
Соколова Т.Ю. канд.экон.наук, доцент,
Васянин Е.Г. канд.техн.наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»,
МРСООО «Газпром добыча Оренбург»

В России до недавнего времени предприятия для сжигания отходов находились вне сферы интересов энергетиков. Переработкой твердых бытовых отходов занимались коммунальные службы, которые в первую очередь решали проблему санитарной очистки городов от образующихся отходов. Но необходимо понимать что выделяющуюся в процессе сжигания энергию горючих отходов возможно использовать для покрытия теплофикационных нужд города Оренбурга, например в тепловых городских сетях.

Популярность метода утилизации твердых бытовых отходов путем преобразования рабочей среды в ионизированных газ, обусловлено снижением концентрации диоксинов в дымовых газах ниже предельно допустимых значений (рисунок 1).

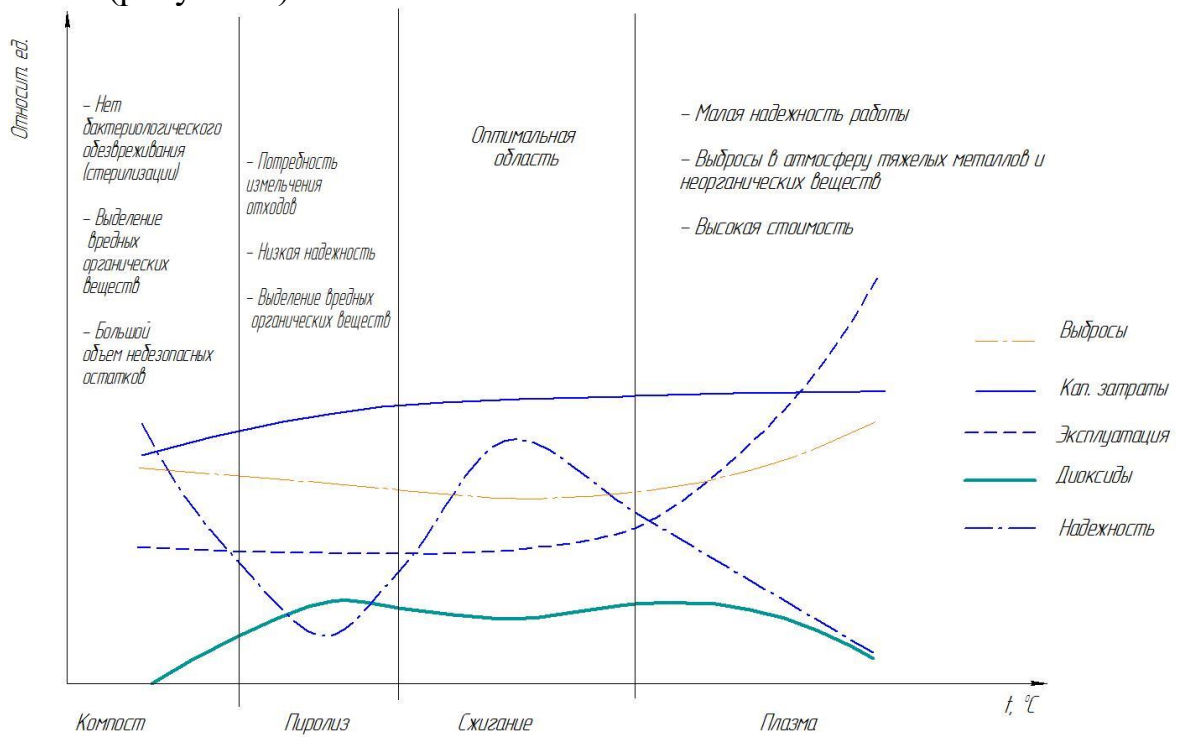


Рисунок 1 - Сравнение технологий переработки ТБО

При проведении сравнительного анализа предложенных вариантов энергетической утилизации принято:

– технико-экономические показатели вариантов идентичны и рассматриваются совместно;

– базовые значения инвестиционных затрат в строительство приняты по данным общеизвестным данным реализованных аналогичных проектов с уменьшением объёмов пропорционально принятым техническим решениям.

Таблица 1 – Сравнительный анализ вариантов энергетической утилизации твердых бытовых отходов г. Оренбурга

Показатели	Варианты со слоевым сжиганием ТБО в котлах-утилизаторах		Газификация ТБО с последующим сжиганием в энергетических котлах
	а) сжигание ТБО в высоконапорном водогрейном утилизационном котле; б) сжигание ТБО в паровом утилизационном котле	в) сжигание ТБО в установке с паровым утилизационным котлом и паровой турбиной ПР-6-3,4/1,0/0,1-1	
Общий объём утилизируемых ТБО , т/год	200 000	200 000	52 000
Инвестиции в строительство, млн. руб.	3 149	4 512	3 760
Удельные капитальные вложения на 1 т. утилизируемых ТБО, тыс. руб.	15,75	22,56	72,31
Период строительства (в месяцах)	9–12	20–24	12–18
Требования к мусору	Нет особых требований	Нет особых требований	Газификация древесины, бумаги, пластика с предварительной обработкой
Потребление энергии, кВт·ч/т ТБО (тыс. кВт·ч/год)	3,32 (600)	15,00 (3 000)	11,00 (572)
Вредные выбросы	Более низкие значения, чем требования Директивы ЕС по	Более низкие значения, чем требования Директивы ЕС по	Нет

	сжиганию отходов (2000/76/ЕС)	сжиганию отходов (2000/76/ЕС)	
Сточные воды	Нет	Очень небольшое количество	Нет
Основное загрязнение	Загрязнение атмосферы	Загрязнение атмосферы	Загрязнение атмосферы
Государственные дотации на обработку, руб./т ТБО	не установлено	не установлено	не установлено
Себестоимость (стоимость захоронения шлака), руб./т ТБО	11,30	11,30	11,30 + стоимость сортировки
Сокращение объёма отходов для захоронения после переработки	в 10 раз	в 10 раз	в 10 раз
Использование существующего оборудования ТЭЦ	Пароводяной цикл станции, выработка электроэнергии и выдача мощности используется в полном объёме	Используется химическая водоподготовка и система оборотного водоснабжения	Цикл станции сохраняется в неизменном виде, продукт газификации ТБО используется в качестве топлива в энергетических котлах
Замещение части выработки электроэнергии на тепловом потреблении на существующем оборудовании	Отсутствует	Снижение выработки электроэнергии на тепловом потреблении основным оборудованием при уменьшении отпуска тепла теплофикационными отборами в объёме 21,34 Гкал/ч	Отсутствует
Сортировка мусора	Не требуется	Не требуется	Отделение древесины, бумаги, пластика для раздельного измельчения
Наличие мирового опыта использования технологии	Технология сжигания ТБО аналогична МСЗ № 3 г. Москвы, Россия	МСЗ № 3 г. Москвы, Россия	ТЭЦ Kymijärvi-2 (Кемиярви-2), г. Лахти, Финляндия
Возможность оплаты дополнительной	—	Да	—

мощности по ДПМ			
Необходимость внесения изменения в технологические схемы оборудования ТЭЦ	Да (пароводяной тракт)	Нет (кроме дополнительной ячейки в схеме выдачи мощности)	Да (система газоснабжения котлов)
Снижение экономичности работы существующего оборудования	Снижение КПД котлов: – по а) на 0,11 % из-за более высокой температуры питательной воды на входе; – по б) нет	Снижение объёма выработки электроэнергии на тепловом потреблении существующим оборудованием	Некоторое снижение КПД котлов из-за использования нерасчётного вида топлива
Необходимость разработки нестандартного оборудования	Котёл сверхвысокого давления для сжигания ТБО: – по а) в водогрейном исполнении; – по б) в паровом исполнении	Нет	Нет (при применении типовой газификационной установки, аналогичной Kymijärvi-2)

Предлагаемая работа проводится в рамках программы «Приоритетные направления развития науки, технологий и техники в Оренбургской области» утвержденных постановлением правительства Оренбургской области от 14.02.2020 № 65-п. *пункт 60. Технологии создания энергосберегающих систем транспортировки, распределения и потребления тепла и электроэнергии.*[1]

В настоящий момент на кафедре электро- и теплоэнергетики электроэнергетического факультета «Оренбургского государственного университета» ведется разработка конструктивной и технической документации для получения тепловой и электрической энергии на установках по утилизации твердых бытовых отходов. Предлагаемые разработки позволят снизить затраты на выработку тепловой и электрической энергии для производителя электроэнергии, к тому же в десятки раз снизят выбросы парников газов.

Список литературы

1.Программа «Приоритетные направления развития науки, технологий и техники в Оренбургской области» утвержденных постановлением правительства Оренбургской области от 14.02.2020 № 65-п

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ РАБОТЫ КОТЛОВ-УТИЛИЗАТОРОВ РАБОТАЮЩИХ НА УТИЛИЗИРУЕМЫХ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДАХ

Соколов В.Ю. канд.техн.наук, доцент,
Соколова Т.Ю. канд.экон.наук, доцент,
Козловцев А.П., д-р техн. наук, профессор
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»,
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный аграрный университет»

Для увеличение производительности и качества смесеобразования в котлах – утилизаторах работающих на утилизации твердых бытовых отходов, при кафедреэлектро- и теплоэнергетики электроэнергетического факультета «Оренбургского государственного университета» была разработана и просчитана и запатентована газовая горелка представленная на рисунке 1. Изображён главный вид (вид сбоку - разрез) конструкции газовой горелки с паровым приводом.[1]

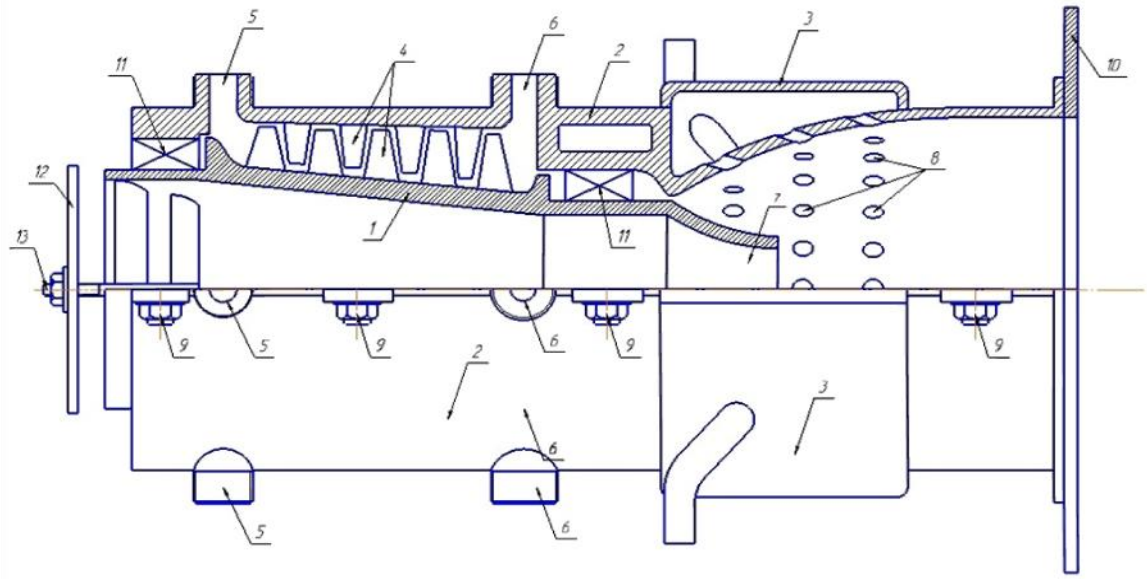


Рисунок 1 – Газовая горелка с паровым приводом

1,2 - внутренняя и внешняяполости; 3 - газоподающий канал; 4 – лопасти парового привода; 5 – патрубки подачи пара; 6 - патрубки выхода конденсата; 7 – сопло; 8 – перфорация; 9 - болтовое соединение;
10 – крепежная пластина;11 – герметичные необслуживаемые подшипники;12 – пластина;13 – ось; 14 - крепление

Конструкция газовой горелки с паровым приводом включает в себя внутреннюю 1 и внешнюю полости 2, газо-подающий канал 3, лопасти 4 парового привода, патрубки подачи пара 5, патрубки выхода конденсата 6, сопло 7, перфорацию 8, болтовое соединение 9, крепежную пластину 10,

герметичные необслуживаемые подшипники 11, пластина 12, ось 13, крепления 14.

Конструкция работает следующим образом:

Смешение газа и воздуха происходит в пространстве между полостями 1 и 2. Газ подается из газо-подающего канала 3 через перфорацию 8 при помощи газодувок. Воздух выходит из сопла 7, проходя через внутреннюю полость 1. Регулировка подачи воздуха происходит за счет пластины 12, которая закреплена на оси 13, установленной на креплениях 14 к внутренней полости 1. Подача газа осуществляется по спирали относительно потока воздуха. Подача воздуха осуществляется за счет разряжения перед соплом 7, осуществляемое за счет формы сопла и направления потока газа. Таким образом, отпадает необходимость использования компрессоров для подачи воздуха. Между полостями 1 и 2 установлены лопасти 4 парового привода, за счет которого происходит вращение полости 1. Для привода берется часть пара из котла, что дает специфичность применения данной конструкции. Подача происходит через патрубки 5, а выход через 6. Вращение полости 1 относительно полости 2 происходит за счет герметичных необслуживаемых подшипников 11. Полость 2 имеет разъемную конструкцию для обеспечения легкости компоновки горелки. Соединение верхней и нижней части полости 2 осуществляется за счет болтового соединения 9. Крепления горелки к котлу осуществляется за счет крепежной пластины 10.

Таким образом, изобретение позволяет уйти от использования механической передачи, что дает увеличение коэффициента полезного действия.

При сжигании твердых бытовых отходов в котлах возможны следующие направления утилизации полученной теплоты:

а) в высоконапорном водогрейном утилизационном котле с дополнительным нагревом питательной воды основных энергетических котлов без изменения существующего парового цикла электростанции;

б) в паровом утилизационном котле с выработкой сухого насыщенного (слабоперегретого) пара с последующей подачей пара в паровые пространства барабанов основных энергетических котлов или в пароотводящие трубы на выходе из барабанов;

в) в установке с паровым утилизационным котлом с параметрами пара 39 кгс/см^2 и паровой турбиной с противодавлением, соответствующим давлению теплофикационных отборов основных турбин Сакмарской ТЭЦ.

Кроме того, существует вариант с применением установок газификации твердых бытовых отходов и последующим использованием полученного газа в существующих энергетических котлах.

Идея использования теплоты выделяемой при сжигании мусора заключается в том, что питательная вода (часть воды) после подогревателей высокого давления турбин направляется в котёл мусоросжигательной установки и, далее, для питания энергетических котлов.

Принципиальная схема варианта представлена на рисунке 2.

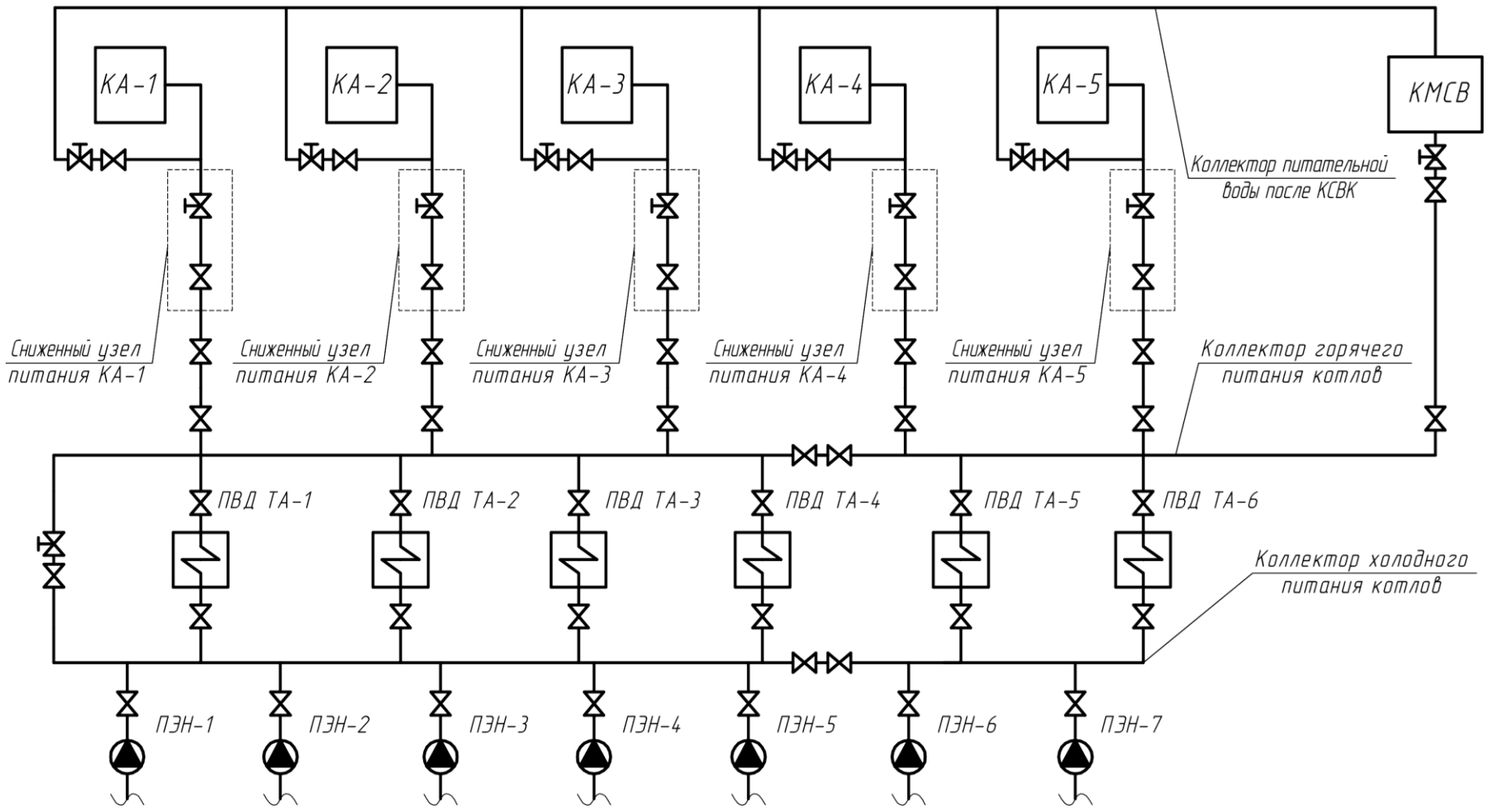


Рисунок 2 - Принципиальная схема использования тепла от сжигания мусора для подогрева питательной воды энергетических котлов

Питательная вода из поперечной связи горячего питания котлов расходом 500 т/ч (минимально достигнутый расход питательной воды на СТЭЦ в летний период) с температурой 230 °С подаётся в мусоросжигательный котёл, где происходит её дополнительный нагрев. Далее вода через распределительный коллектор и дополнительную нитку питания, врезанную в трубопровод питательной воды после основных регуляторов питания котла, поступает в котёл. Возможность реализации такой схемы обусловлена тем, что температура насыщения воды при давлении 130 кгс/см^2 составляет около 330 °С , что позволяет использовать питательную воду с её подогревом практически до температуры насыщения. Учитывая, что реальная минимально достигнутая паровая нагрузка энергетических котлов Сакмарской ТЭЦ составляет 500 т/ч, увеличение теплосодержания питательной воды в мусоросжигательной утилизационной установке составит 57,2 ккал/кг (повышение температуры на 57,2 °С). Таким образом, в летнем режиме работы температура питательной воды, подаваемой в котёл, составит 287,2 °С, что ниже температуры насыщения на 42,8 °С.

Получение пара в энергетических котлах и дальнейшее его использование осуществляется в рамках штатного технологического процесса электростанции. При этом в целом по году усреднённая величина снижения КПД энергетических котлов электростанции из-за использования питательной воды с повышенной температурой составит 0,11 %, что соответствует перерасходу 1 117 т.у.т в год от общего потребления топлива энергетическими котлами. Потери в денежном выражении составят 3,45 млн. руб. в год.

Утилизационная установка оснащается барабанным паровым котлом с колосниковой решёткой для получения сухого насыщенного (слабоперегретого) пара. Паропроизводительность котла составит $D = 60$ т/ч ($\Delta i_{пар} = i_{пар} - i_{п.в} = 635{,}45 - 160{,}32 = 475{,}13$ ккал/кг).Сухой насыщенный слабоперегретый) пар подаётся в паровое пространство барабанов энергетических котлов или пароотводящие трубы на выходе из барабанов. Процесс перегрева пара и его дальнейшее использование в цикле ТЭЦ остаётся неизменным. Температура перегретого пара на выходе из энергетических котлов должна поддерживаться на уровне расчётной за счёт регуляторов впрыска.

Снижение КПД энергетических котлов минимально и в дальнейшем рассмотрении не принимается во внимание.

Схема включения котла-утилизатора твердых бытовых отходов в паровой цикл Сакмарской ТЭЦ показана на рисунке 3.

В настоящее время существующие котлы по утилизации твердых бытовых отходов имеют коэффициент полезного действия порядка 70 процентов при максимально эффективной загрузке. В соответствии с принятыми исходными данными по морфологическому составу топлива, отпуск тепловой энергии от котла при сжигании 200 000 т твердых бытовых отходов города Оренбурга в год составит 240 840 Гкал.Или при числе часов работы 8 424 ч в год, 28,6 Гкал/ч, что соответствует расходу пара 42 т/ч.[2-6]

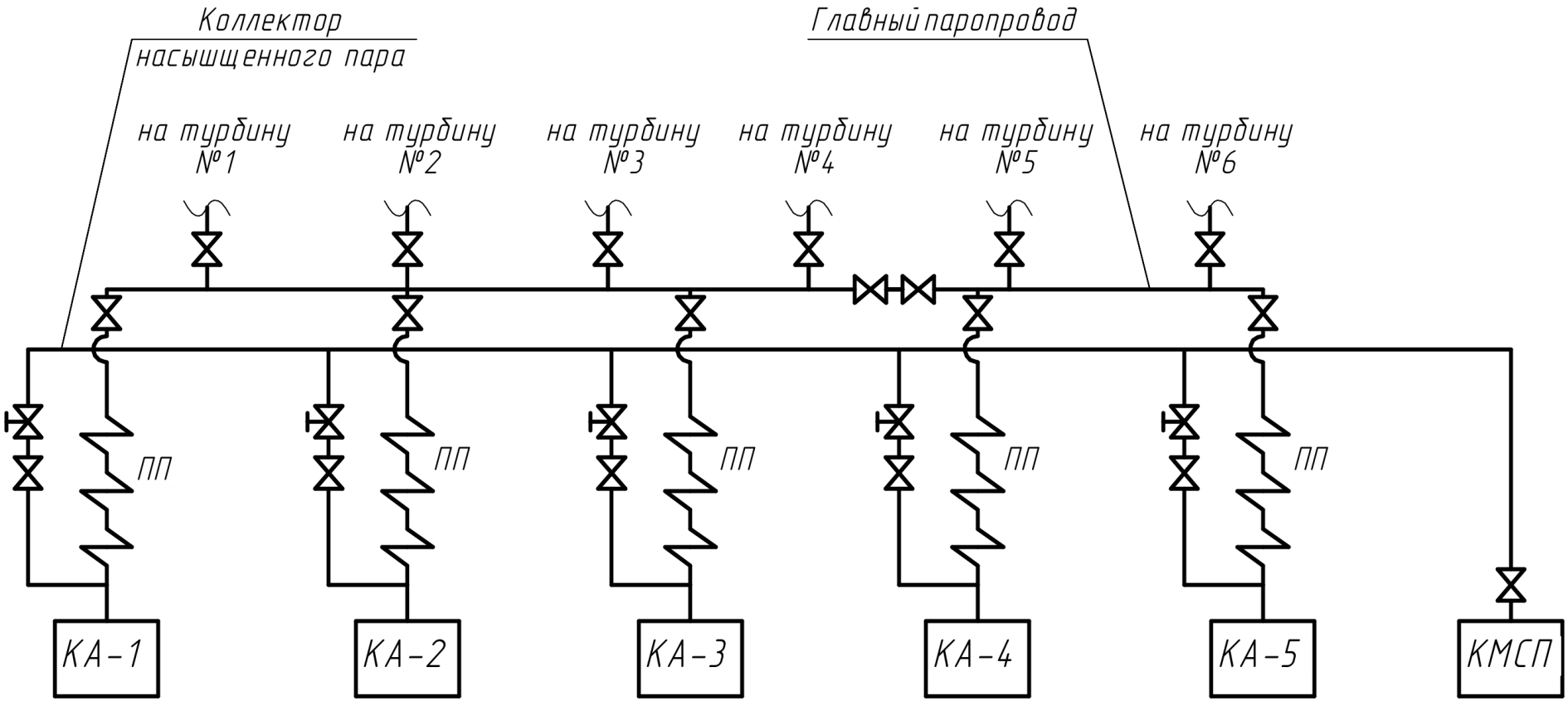


Рисунок 3 - Схема включения котла-утилизатора твердых бытовых отходов в паровой цикл Сакмарской ТЭЦ

Учитывая возможность использования тепла пара, отработавшего в паротурбинной установке с давлением 0,12 МПа и 1 МПа, для подогрева сетевой воды, принимаем к установке паровую турбину Калужского турбинного завода (ОАО «КТЗ») ПР-6-3,4/1,0/0,1-1 (характеристика представлена в таблице 1).

При полной загрузке турбины по электрической мощности годовая выработка электроэнергии составит 50 544 тыс. кВт·ч. Для выработки такого количества электроэнергии будет использовано 5,37 Гкал/ч тепла (КПД механический и электрический генератора принят 96 %). Отпуск тепла противодавления и отбора турбины составит 23,22 Гкал/ч или 195 580 Гкал в год.

Таблица 1 – Характеристика турбины ПР-6-3,4/1,0/0,1-1

Показатели	ПР-6-3,4/1,0/0,1-1
Номинальная мощность, кВт	6000
Частота вращения ротора, об/мин	3000
Параметры свежего пара (рабочий диапазон):	
абсолютное давление, МПа	3,4 (3,1-3,6)
температура, °С	435 (420-445)
Ном. абсолютное давление пара за турбиной: (рабочий диапазон), МПа	0,12 (0,07-0,25)
Температура пара за турбиной, номинал (рабочий диапазон), °С	136 (113-195)
Регулируемый отбор, номинал (рабочий диапазон):	
абсолютное давление, МПа	1,0 (0,8-1,3)
температура при ном. давлении, °С	298 (276-327)
величина отбора, т/ч	50,0 (0-50,0)
Номинальный расход пара при режиме с отбором, т/ч	67,5
Номинальный расход пара при режиме без отбора, т/ч	41,1

Технические показатели работы МСЗ сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Характеристика работы МСЗ

Показатели	Ед. изм.	Значение
Общий объём утилизируемых твердых бытовых отходов	т/год	200 000
Расчётная калорийность твердых бытовых отходов	ккал/кг	2 231
Тип котла	–	Аналог котла на

		МСЗ № 3
Количество паровых котлов	ед.	1
КПД котла при сжигании твердых бытовых отходов с расчётной калорийностью	%	54
Паропроизвоительность котла	т/ч	45
Выработка тепловой энергии котлом, общая в год	Гкал	240 840
на выработку электроэнергии	Гкал	45 260
отпуск из отборов турбин	Гкал	195 580
Тип турбины	–	ПР-6-3,4/1,0/0,1-1
Количество турбин	ед.	1
Внутренний относительный КПД турбины	%	72
Выработка электроэнергии, в год	тыс. кВт·ч	50 544
Расход тепла на собственные нужды, в год	Гкал	4 848
Расход электроэнергии на собственные нужды, в год	тыс. кВт·ч	664
Отпуск электроэнергии, в год	тыс. кВт·ч	49 880
Удельный расход условного топлива на отпуск электроэнергии	г у.т./кВт·ч	238,00
Удельный расход условного топлива на отпуск тепловой энергии	кг у.т./Гкал	264,80

Список литературы

1. C12479790RUF23D 14/66Газовая горелкаСоколов В.Ю., Наумов С.А., Садчиков А.В., Горячев С.В № 2011129523; Заявл. 20.04.2013
2. C1 2411337 RUF23C5/24 «Способ работы котла в режиме шлакоудаления»Соколов В.Ю., Наумов С.А., Садчиков А.В., Горячев С.В. - №2009147040/06; Заявл.17.12.2009
3. C 1 2471118 RUF23D 14/66 (2006.01). Газовая горелка / Соколов В.Ю., Наумов С.А., Садчиков А.В., Горячев С.В.- № 2011133209/06; Заявл. 08.08.2011
4. Коробков А.И.,Наумов С.А.,Соколов В.Ю. Увеличение полноты сгорания газовых горелок, Теплогазоснабжение: состояние, проблемы, перспективы / Сборник материалов всероссийской научно-практической конференции. – Оренбург: ООО «НикОс»,2011г, ст.68 – 72
5. Мухаметова А.Ф., Соколов В.Ю., Наумов С.А Применение пиролизных котлов длительного горения для повышения эффективности системы отопления/ Энергетика: состояние, проблемы, перспективы, 2014печ. изд.-63-66
6. Стародубцев Н. А., Наумов С. А., Соколов В. Ю.Методы утилизации твердых бытовых отходов/ Энергетика: состояние, проблемы, перспективы, 2014печ. изд.-63-66

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ В ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ УЧЕБНО-ЛАБОРАТОРНЫХ КОМПЛЕКСАХ

Бакаев А.А., Сорокин В.А.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

В настоящее время всё больше внимания уделяется обеспечению стабильного развития и повышения качества технического образования за счет высокотехнологичного материального обеспечения учебных заведений. Современная учебная техника позволяет обучающимся в процессе выполнения работ на данных установках получить реальный опыт исследовательской и производственной деятельности, а также востребованных рынком труда знаний и компетенций.

В данный момент на рынке производителей учебных стендов в области автоматики существуют исследовательские учебно-лабораторные комплексы с системами управления различных производственных механизмов и физических объектов промышленного назначения, таких как [6]:

1) Вакуумный перекладчик [1];
2) Пневмоэлектрический робот-манипулятор [6];
3) Транспортер [3];
4) Шлагбаум [6];
5) Ворота гаража [6];
6) Пресс [4];
7) Толкатель с кривошипным-шатунным механизмом с нереверсивным электродвигателем [6];
8) Тележка [6];
9) Линия сортировки изделий [6];
10) Лифт [6];
11) Сортировочная линия на базе ленточного транспортера и электропневматической системы отбраковки деталей [1] ;
12) Гидравлический экскаватор [2];
13) Ножничный подъемник с пневмоприводом [4];
14) Штамповочный пресс на пневмосистеме [4];
15) Подъемный кран на пневмосистеме [4];
16) Гусеничная аварийно-ремонтная машина на пневмосистеме [4];
17) Экскаватор на пневмосистеме [4].

На рисунке 1 представлен пример учебного комплекса линии отбраковки деталей от компании Fischertechnick.

С учетом всё более и более активного замещения человеческого труда и использования большими производственными компаниями

автоматизированных производственных линий различного назначения, одними из перспективных направлений развития систем управления являются роботизированные линии сборки, покраски, резки, сварки, пайки, погрузки-разгрузки, упаковки, укладки на поддоны или в штабели, а также подачи на другие исполнительные механизмы. В таких линиях используются промышленные роботы. Хрестоматийным примером является робот-манипулятор, функции которого меняются, путем замены механизма захвата на любой другой [1].

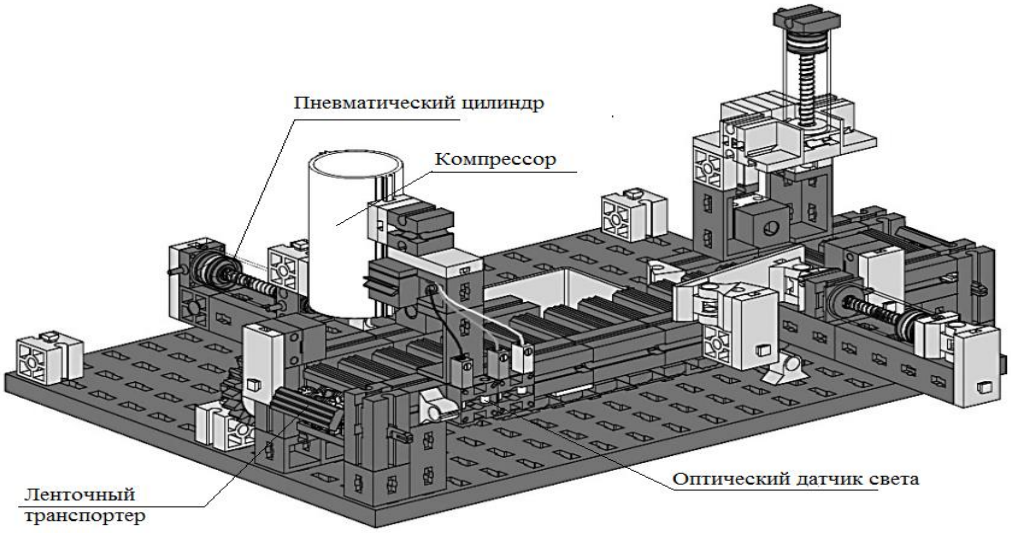


Рисунок 1 – Учебный комплекс линии отбраковки деталей

За последнее десятилетие пневматическую технологию механизмов движения и захвата роботов-манипуляторов с большим успехом заместила электрическая система за счет лучшего контроля положения пальца захвата, а также силы и скорости захвата. Однако электропневматические и электрогидравлические роботы-манипуляторы всё еще используются, из-за ряда преимуществ гидравлической и пневматической систем [3].

Пример промышленного электрического робота-манипулятора от компании ABB представлен на рисунке 2.

Рисунок 2 – Промышленный электрический робот-манипулятор

Приведенные выше учебно-лабораторные комплексы можно разделить по виду системы управления исполнительным механизмом:

1) электропневматическая система управления;
2) электрогидравлическая система управления;
3) электромеханическая система управления.

Проанализируем достоинства и недостатки каждой системы относительно учебно-лабораторного комплекса.

Основным достоинством электромеханической системы является наилучший контроль положения, скорости или усилия (момента) рабочего органа механизма. К недостаткам следует отнести ограниченное создаваемое электроприводом усилие (момент) относительно гидропривода. Также надежность электропривода в сравнении с гидроприводом механизмов, в которых акцентируется именно создаваемое усилие (пресс, экскаватор), ниже. На рисунке 3 приведен общий вид электрогидравлического робота-манипулятора.

Рисунок 3 – Электрогидравлический робот-манипулятор

Помимо этого большую роль играют габариты привода. Для учебно-лабораторного комплекса реальные системы, функционирующие с помощью

гидравлики, можно заменить на электропневматические, из-за малых габаритов модели и требований к усилию[1].

Взяв во внимание достоинства и недостатки приведенных выше систем, следует отметить, что наиболее функциональной и гибкой из них является электромеханическая система управления.

Таким образом, исходя из всего вышесказанного, можно сделать вывод, что перспективным учебно-лабораторным комплексом является стенд производственной линии на базе ленточного транспортера и электрического робота-манипулятора.

Список литературы

1. Пневматика серии PROFI: [Электронныйресурс].: http://pacpac.ru/ft/ab/pdf-bak/PROFI_Pneumatic_Power_RUS_533874.pdf– Режимдоступа© 2021 ПАКПАК.

2. Гидравлика: [Электронныйресурс].: http://pacpac.ru/ft/ab/pdf-bak/PROFI_Hydraulic_RUS_548888.pdf– Режимдоступа© 2021 ПАКПАК.

3. Основы пневматикиI: [Электронныйресурс].: http://pacpac.ru/ft/ab/pdf-bak/ROBO_PneuVac_RUS.pdf– Режимдоступа© 2021 ПАКПАК.

4. Основы пневматики III: [Электронныйресурс].: http://pacpac.ru/ft/ab/pdf-bak/PROFI_Pneumatic_III_RUS.pdf– Режим доступа© 2021 ПАКПАК.

5. Электропневматика: [Электронныйресурс].: http://pacpac.ru/ft/ab/pdf-bak/ROBO%20TX%20ElectroPneumatic%20RUS%20516186.pdf– Режимдоступа© 2021 ПАКПАК.

6. Пневмоприводы и пневмоавтоматика: [Электронныйресурс].: https://labstand.ru/catalog/gazovaya_dinamika_pnevmat– Режим доступа© 2021 ООО НПП «Учтех-Профи».

АНАЛИЗ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ В ОБЛАСТИ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ

Темиргалиев Р.Р., ВалиуллинК.Р., канд.техн. наук
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

На данный момент во всем мире происходит активный процесс цифровизации, затрагивающий практически все отрасли, в том числе электроэнергетику. Одним из стремительно развивающихся направлений является решение задач классификации и идентификации объектов на изображениях. Внедрение систем машинного зрения позволяет частично или даже полностью автоматизировать технологический процесс, снизить уровень участия человека в принятии ответственных решений.

На объектах электроэнергетики машинное зрение применимо в системах автоматизированного контроля обязательного использования и правильного применения оперативным персоналом средств индивидуальной защиты, а также в системах диагностики электроустановок. В проекте, представленном в статье [1], система распознавания объектов может быть использована в беспилотном воздушном летательном аппарате, что позволит увеличить точность диагностики повреждений на воздушных линиях электропередачи и подстанциях, тем самым снижая затраты на ее проведение, а также увеличит надежность энергосистемы в целом. Таким образом, разработка системы машинного зрения для идентификации электроэнергетического оборудования является актуальной.

В настоящий момент существует большое количество систем машинного зрения, использующихся для распознавания тех или иных объектов. Критерием, на основании которого был проведен их сравнительный анализ, являлся используемый метод распознавания объектов на изображении. Выделены следующие группы:

1) метод перебора/сравнения с эталоном;
2) метод опорных векторов;
3) структурный метод;
4) технология искусственных нейронных сетей.

Первый из рассмотренных методов – метод перебора/сравнения с эталоном. Его суть, как следует из названия, заключается в сравнении заданного изображения с некоторой базой данных, содержащей определенный заранее набор эталонов. Этот набор представляет собой все возможные модификации отображения объекта. Таким образом, метод сравнения с эталоном является наиболее универсальным и простым в реализации и может быть использован, например, в автоматических системах обнаружения и распознавания автотранспортных средств на статичных изображениях [2].

Тем не менее, применимость метода перебора ограничивается большим количеством необходимых вычислений и, соответственно, низкой скоростью

работы, а также низкой устойчивостью к шумам. Кроме того, требуется сформировать большую базу изображений, что является достаточно сложной задачей.

В статье [3]авторы рассматривают возможность применения метода сравнения с эталоном для идентификации подвижных наземных объектов по видеопотоку, поступающему с камеры беспилотного летательного аппарата (БПЛА). Ввиду большой вычислительной сложности процесс распознавания изображения не может быть реализован средствами бортовой системы идентификации БПЛА. Однако существуют различные способы оптимизации метода перебора, позволяющие уменьшить количество производимых вычислений. Автор статьи [4], рассматривающий применение метода перебора для решения задачи автоматического распознавания изображения, предлагает использовать принцип минимального информационного рассогласования с целью увеличения скорости вычислений без значительной потери качества распознавания объектов. Применение указанного принципа позволяет сократить в среднем в два раза объем вычислений, однако он все еще остается значительным. Таким образом, использование данного метода идентификации объектов в электроэнергетике, в частности, в системе диагностики электроэнергетического оборудования на основе БПЛА, является сложно реализуемым.

Следующим является метод опорных векторов, часто используемый для решения задачи классификации. Его суть заключается в построении гиперплоскости в признаковом пространстве, разделяющей объекты наиболее оптимальным способом, то есть таким образом, чтобы расстояние от этой разделяющей плоскости до опорных векторов было максимальным. Каждый опорный вектор, в виде которых представлены объекты данных, принадлежит только одному из заданных классов. Для работы данного метода достаточно небольшого набора данных, что является его преимуществом [5].

Актуальным является использование метода опорных векторов при классификации изображений парковочных мест автостоянки в интеллектуальных системах их мониторинга [6]. Задачей для подобной системы машинного зрения является определение наличия или отсутствия парковочного места. В указанной работе исследуется возможность повышения вероятности правильной классификации изображений методом опорных векторов, поскольку точность его работы уступает другим методам.

Метод опорных векторов также применяется для распознавания дорожных знаков [7]. В исследовании отмечается существующая проблема, связанная с отбором или построением информативных признаков. Для ее решения рассматривается применение гистограммы ориентированных градиентов.

В работе [8] проводится сравнительный анализ реализаций метода опорных векторов для обучения двухклассовому распознаванию большого числа объектов и указывается, что данный метод является наиболее удобным именно для задач с двумя классами, подобных тем, что рассматривались ранее.

Однако для решения задачи распознавания с большим числом классов, например, для распознавания объектов электроэнергетики, данный метод является неэффективным. Кроме того, метод опорных векторов неустойчив к шуму, который может присутствовать в исходных данных, так как он будет учтен в процессе построения разделяющей гиперплоскости.

Еще один метод, который может быть использован для распознавания изображений, называется структурным. В его основе лежит идея представления какого-либо сложного объекта в виде иерархической структуры, состоящей из более простых образов низкого уровня. Таким образом, данный подход позволяет классифицировать большое количество объектов, используя при этом небольшой набор элементов [9]. Также можно распознавать объекты с измененными пропорциями на изображении, то есть на этот метод не оказывают влияние перспективные искажения. Однако при использовании данного метода могут возникнуть трудности, связанные с выделением наиболее важных для распознавания признаков и параметров. В работе [10] исследуется возможность описания объектов в кластерном виде, что позволяет увеличить скорость их распознавания на изображениях в несколько раз.

Значимым недостатком структурного метода является то, что он плохо справляется с задачей распознавания небольших по размеру объектов. Кроме того, необходимо отметить его высокую вычислительную сложность, что также не позволяет использовать этот метод в электроэнергетике [11].

Одним из наиболее перспективных методов распознавания объектов на изображениях является использование технологии искусственных нейронных сетей (ИНС). Идея, лежащая в ее основе, состоит в имитации процесса функционирования биологических сетей нервных клеток. ИНС состоит из искусственных нейронов, связанных между собой и образующих слои. Таким образом, главной особенностью ИНС является их способность обучаться на наборе подготовленных заранее примеров, называемом обучающей выборкой, выявляя сложные зависимости между входными и выходными данными. Однако требуется большое количество примеров задачи для успешного обучения нейронной сети, и составление такой базы данных может представлять сложность. Также возникают трудности, связанные с внесением изменений, поскольку в таком случае необходимо переобучать сеть. Преимуществом ИНС является то, что они обладают обобщающей способностью, что позволяет им находить правильное решение на основе входных данных, которые отсутствовали в обучающей выборке. Кроме того, нейронные сети обладают высокой устойчивостью к шумам. Это важно, например, для решения задачи идентификации регистрационного номера автомобиля, осуществляемого при помощи адаптивного нейросетевого распознавания [12].

Рассматриваемый метод включает в себя множество реализующих его алгоритмов. В работе [13] исследуются различные архитектуры нейронных сетей, применяемых для решения задачи идентификации изображения лица человека и отмечается, что наиболее успешно с ней справляются сверточные

нейронные сети. Технология нейронных сетей также находит применение в интеллектуальных системах компьютерного зрения беспилотных летательных аппаратов, в частности, для мониторинга объектов предприятий нефтегазовой отрасли [14]. Анализ полученных данных в этой системе происходит в режиме реального времени, что достигается использованием архитектуры сверточной нейронной сети, обеспечивающей также высокую точность распознавания.

Необходимо отметить, что многие компании, занимающиеся разработкой и реализацией готовых аппаратно-программных комплексов для распознавания изображений, используют именно технологию искусственных нейронных сетей при проектировании своих решений. Примером могут служить продукты компании «Cognex», включающие системы технического зрения In-Sight, различные камеры и датчики. Однако подобные системы не всегда удовлетворяют поставленным условиям, а возможность внесения изменений в нейронную сеть для ее более глубокой настройки компаниями не предоставляется, что ограничивает сферы их применения.

Основываясь на анализе методов, используемых для решения задачи распознавания объектов на изображениях, можно сделать вывод, что на данный момент не существует универсального подхода, который мог бы применяться в широком диапазоне областей. Каждый из рассмотренных методов способен давать необходимые результаты при решении частных задачах, и для идентификации электроэнергетического оборудования наиболее целесообразным является использование технологии искусственных нейронных сетей.

Список литературы

1 Кибец, А.С. Разработка беспилотного летательного аппарата (БПЛА) для автоматической диагностики воздушных линий электропередачи / А.С. Кибец, Я.С. Путинин, А.А. Косенко, Р.Р. Темиргалиев, А.А. Веремеев // Всероссийская научная конференция «Цифровая трансформация в энергетике». – Тамбов: ТГТУ, 2020. – С. 159-163.

2 Субботин, С.А. Автоматическая система обнаружения и распознавания автотранспортных средств на изображении / С.А. Субботин, К.Ю. Бойченко // Программные продукты и системы. – 2010. – №1. – С. 114-116.

3 Казбеков, Б.В. Метод сопоставления изображений с эталонами как метод идентификации подвижных наземных объектов / Б.В. Казбеков, Н.А. Максимов, А.В. Шаронов // Научный вестник МГТУ ГА. – 2014. – №7. – С. 61-66.

4 Савченко, А.В. Распознавание изображений методом направленного перебора на основе принципа минимума информационного рассогласования /А.В. Савченко // Вестн. Нижегородского ун-та им. Н.И. Лобачевского. – 2010. – №2(1). – С. 179-184.

5 Жерон, О. Прикладное машинное обучение с помощью Scikit-Learn и TensorFlow: концепции, инструменты и техники для создания

интеллектуальных систем. Пер. с англ. - СпБ.: ООО «Альфа-книга»: 2018. - 688 с.

6 Ярошевич, П.В. Алгоритм классификации изображений парковочных мест автостоянки на основе гистограмм ориентированных градиентов и метода опорных векторов / П.В. Ярошевич, Р.П. Богуш // Компьютерная оптика. – 2017. – Т. 41, № 1. – С. 110-117.

7 Лисицын, С.О. Распознавание дорожных знаков с помощью метода опорных векторов и гистограмм ориентированных градиентов / С.О. Лисицын, О.А. Байда // Компьютерная оптика. – 2012. – Т. 36, № 2. – С. 289-295.

8 Макарова, А.И. Сравнительный анализ реализаций метода опорных векторов для обучения двухклассовому распознаванию в условиях большого числа объектов / А.И. Макарова, В.В. Сулимова // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2018. – №10. – С. 164-175.

9 Новикова, Н.М. Структурное распознавание образов: учебное пособие / Н.М. Новикова. – Воронеж: ИПЦ ВГУ ,2008. – 30 с.

10 Гороховатский В.А. Структурное распознавание изображений с применением моделей интеллектуальной обработки и самоорганизации признаков / В.А. Гороховатский, А.В. Гороховатский, А.Е Берестовский // Радиоэлектроника, информатика, управление. – 2016. – №3. – С. 39-46.

11 Гриценко, А.В. Исследование и классификация методов распознавания изображений в системах компьютерного зрения / А.В. Гриценко, Н.С. Дорошенко // Наука. Инновации. Технологии. – 2011. – №4. – С. 84-89.

12 Винокуров, И.В. Адаптивное распознавание элементов регистрационного номера автомобиля / И.В. Винокуров // Международный научно-исследовательский журнал. – 2018. – №1(67). – С. 44-47.

13 Макаренко, А.А. Применение нейросетевых технологий для идентификации изображения лица / А.А. Макаренко, В.Т. Калайда // Доклады ТГУСУРа. – 2005. – №3. – С. 41-49.

14 Зоев, И.В. Интеллектуальная система компьютерного зрения беспилотных летательных аппаратов для мониторинга технологических объектов предприятий нефтегазовой отрасли / И.В. Зоев, Н.Г. Марков, С.Е. Рыжова // Известия Томского политехнич. ун-та. – 2019. – Т.330, №11. – С. 34-49.

ОБ ОПЫТЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕСПЛАТНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В КУРСЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

Ушакова Н.Ю.,канд. техн. наук, доцент,
Быковская Л.В.,канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Эффективное изучение большинства электротехнических дисциплин сегодня невозможно представить без использования информационных технологий и современного программного обеспечения (ПО). В дисциплинах ТОЭ и Электротехника традиционно используемыми последние годы программами являлись лицензионные программы Mathcad, EWB, Multisim.

Однако массовый перевод занятий в дистанционный формат в связи с пандемией коронавируса заставил вузы искать альтернативное ПО, позволяющее полноценно организовать образовательный процесс с использованием домашних средств вычислительной техники. Основными критериями выбора программ были:

– бесплатность их использования в течение неограниченного времени;

– отсутствие жестких требований к техническим характеристикам вычислительного устройства;

– возможность установки программ на вычислительное устройство с различными операционными системами;

– наличие облачных версий программ, позволяющих работать в браузере без установки программ на компьютер.

В результате детального анализа ряда свободно распространяемых программ для использования в курсах ТОЭ и Электротехники в ОГУ были выбраны:

– система компьютерной математики SmathStudio[1]для проведения инженерных расчетов в курсовых и контрольных работах, расчетно-графических заданиях;
– облачное Web-приложение MultisimLive [2]для моделирования и исследования электрических цепей в лабораторных работах.

Более двух лет данные программы проходят апробацию на кафедре АЭЭиЭ ОГУ у студентов различных инженерных направлений подготовки и различных форм обучения. Накопленный за эти годы опыт их использования в электротехнических дисциплинах позволяет сделать определенные выводы об особенностях каждой из программ и некоторых проблемах, которые обозначились при их внедрении. Систему компьютерной математики SmathStudio студенты осваивают очень быстро, даже при отсутствии опыта работы с подобными программами. Она имеет простой и понятный, русифицированный интерфейс, удобную динамическую помощь ввода, четкие алгоритмы, которые эффективно можно использовать для решения практически

любых задач электротехники. Программа работает как с Windows, так и с Linux, имеет маленький объем. У нее есть облачная и мобильная версии для Android и iOS.

SmathStudio, разработанную российским программистом Андреем Ивашовым, часто называют аналогом Mathcad. Однако это – эксклюзивная программа, имеющая много специфических отличий, которые нужно принимать во внимание в курсах электротехники.

В качестве характерного примера можно привести отличие функционала SmathStudio для решения уравнений и систем уравнений с комплексными корнями, которыми описываются математические модели различных электрических цепей. Отдельное квадратное или кубическое алгебраическое уравнение с комплексными корнями, можно решить в SmathStudio лишь функцией polyroots, предварительно записав вектор коэффициентов полинома. На этапе преобразования сложного выражения к виду полинома, например, при решении характеристического уравнения в переходных процессах, у студентов могут возникнуть трудности из-за ограниченного аппарата символьной математики в программе. Функционал SmathStudio, который можно применить для решения систем уравнений при комплексных корнях, достаточен, но тоже скромнее, чем у Mathcad, и это нужно учитывать при расчете цепей переменного тока.

И таких особенностей у SmathStudio при проведении электротехнических расчетов достаточно много [3]. К ним можно отнести специфику построения графиков, использования встроенных единиц измерения, возможности расширения функционала программы с помощьюмногочисленных дополнений (плагинов), режим исполняемых файлов SmathViewer и многое другое.

Со всеми особенностями и тонкостями SmathStudio студентов приходится знакомить на практических занятиях в процессе решения задач электротехники. Это позволяет студентам без проблем выполнять РГЗ, курсовую работу, решать типовые задачи, но для формирования системного владения SmathStudio желательно, чтобы эта программа, наряду с Mathcad, изучалась в курсе информатики.

Кроме того, при внедрении ее в учебный процесс необходимо учитывать, что SmathStudio – это программа, у которой инструментарий непрерывно дорабатывается и расширяется. За время реализации проекта SmathStudio с 2006 г. разработано более 140 промежуточных (бета версий) и 60 стабильных версий программы, 90 дополнений (плагинов). А это значит, что методические пособия по использованию SmathStudio, которые разрабатываются для студентов, тоже должны своевременно актуализироваться.

Вторая из бесплатных программ, активно используемая в курсе электротехники в ОГУ – облачное Web-приложение MultisimLive. Это разработка американской компании National Instruments. Проект реализуется с 2016 года. Это отдельная разработка компании, MultisimLive не является облачным клоном стационарной лицензионной программы Multisim, широко применяемой многими вузами для лабораторных работ по электротехническим дисциплинам.

MultisimLive имеет отличающиеся интерфейс и набор элементов, другие «горячие клавиши» [4]. Традиционные амперметры и вольтметры для измерения токов и напряжений представлены в виде безликих зондов, имеют специфические настройку и панели представления результатов измерений. Осциллограммы измеряемых токов и напряжений, доступные на панели «Shemaic», позволяют проводить некоторый анализ измеряемых токов и напряжений. Работу в MultisimLive студенты осваивают без особых проблем. Работать можно с любого цифрового устройства, имеющего стабильный выход в Интернет. В ОГУ разработан специальный лабораторный практикум по выполнению лабораторных работ по электротехнике в облачном Web-приложении MultisimLive.

Бесплатная версия программы основана на идее общественных сетей: все схемы, создаваемые пользователями, хранятся на сервере компании и находятся в открытом доступе. На сегодняшний день таких «открытых» схем более 100 тысяч. С одной стороны это удобно, так как позволяет изучать сторонние разработки, с другой стороны требует для студентов разнообразия заданий и вариантов для лабораторных работ. Закрытые группы и приватный режим работы возможны только в платной премиум версии MultisimLive.

К некоторым неудобствам работы в MultisimLive приводит излишняя система информационной безопасности официального сайта программы, иногда требующая при сеансе работы повторной идентификации пользователя.

В целом же опыт работы со SmathStudio и MultisimLive подтвердил целесообразность использования этого бесплатного программного обеспечения в образовательном процессе по электротехническим дисциплинам, так как оно:

– доступно для любых пользователей;

– может использоваться на вычислительных устройствах с различными техническими характеристиками и операционными системами;

– легко осваивается студентами;

– имеет необходимый и достаточный функционал, обеспечивающий достижение целевых показателей освоения дисциплин.

Список литературы

1 SMath Studio: официальный сайт программы. – URL: https://ru.smath.com (дата обращения 23.11.2021)

2 MultisimLive: официальный сайт программы. – URL: https://www.multisim.com(дата обращения 14.11.2021)

3 Ушаков Ю. А., Ушакова Н. Ю. О специфике применения Smath Studio в электротехнических расчетах // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. -2020. -№12. -С. 145-155 DOI 10.37882/2223-2966.2020.12.38

4 Ушакова Н.Ю., Быковская Л.В. Облачные Web-приложения для организации лабораторных работ по электротехническим дисциплинам // Современные проблемы науки и образования. – 2021. – № 3; URL: http://www.science-education.ru/article/view?id=30927 (дата обращения: 14.11.2021).

ОБ ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ

Шелихов Е.С., канд. техн. наук, доцент,
Горбань А.А.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Газоперекачивающие агрегаты (ГПА) используются на дожимных подстанциях всех предприятий нефтегазовой отрасли. Поэтому вопросы связанные с оценкой их надёжности и эффективности функционирования актуальны и практический значимы [1-3].

По характеру работы ГПА относят к сложным автоматизированным системам многократного действия, так как создают и поддерживают необходимое давление при транспортировке газовых смесей (неоднократное выполнение задачи на длительном промежутке времени).

Если включения ГПА осуществляются в моменты времени t_1, t_2 … t_n, то средняя эффективность этой операции определяется:

$$E_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{1 \le i \le n} E(t_i). \qquad (1)$$

Если ГПА выполняет nопераций, причём момент их появления случайный и имеет плотность распределения $f(t_i)$, то полная вероятность выполнения любой задачи будет определяться:

$$E_i = \int_0^{\infty} E(t_i) \cdot f(t_i) dt_i. \qquad (2)$$

Применение данного оборудования для реализации технологических параметров предполагает одновременное использование нескольких агрегатов и необходимость увеличения их в работе также имеет различную вероятность.

Допустим система дожимной подстанции предназначена для поддержания различных параметров - задач (например, давления, тогда для каждого необходимо задействовать своё количество ГПА) α, β, … η, ωи известны априорные вероятности P для каждой их них, а также показатели эффективности Ф, когда вся система находится в состоянии $X_{ij\ldots n}$.

Оценка эффективности функционирования такой сложной системы:

$$E = \sum_{\eta} P_{\eta} E_{\eta}, \qquad (3)$$

где E_{η} вычисляется для каждой отдельной задачи.

В развёрнутом виде формула (3):

$$E = \sum_{\eta} P_{\eta} \left(\Phi_0^{\eta} H_0 + \sum_{1 \le i \le n} \Phi_i^{\eta} H_i + \ldots + \sum_{1 \le i < j < \ldots < m \le n} \Phi_{ij,\ldots,m}^{\eta} H_{ij,\ldots,m} + \ldots \right) =$$
$$= H_0 \sum_{\eta} P_{\eta} \Phi_0^{\eta} + \sum_{1 \le i \le n} H_i \sum_{\eta} P_{\eta} \Phi_i^{\eta} + \ldots + \sum_{1 \le i < j < \ldots < m \le n} H_{j,\ldots,m} \sum_{\eta} P_{\eta} \Phi_{j,\ldots,m}^{\eta} + \ldots \quad (4)$$

Эффективность работы системы ГПА должны оценивать специалисты, которые занимаются её обслуживанием и знающие назначения основных узлов и требования к их работе. При оценке эффективности необходимы навыки практического применения исследований и измерений технологических операций и контрольных параметров. Для каждой установки в системе дожимной станции является конкретной (индивидуальной) задачей. Представим на рисунке 1 порядок определения эффективности сложных систем многократного действия.

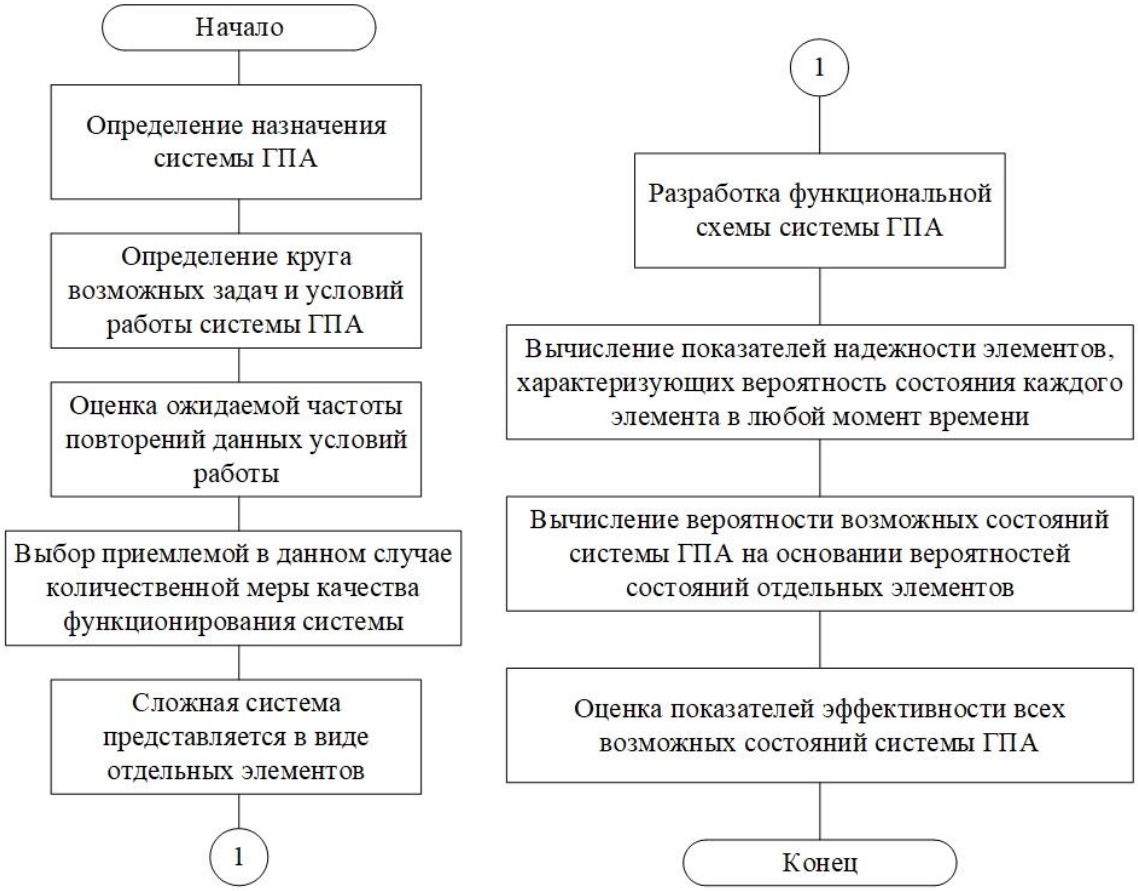


Рисунок 1 – Алгоритм определения эффективности сложных систем многократного действия

Отметим, что в представленном алгоритме вычисляются вероятности (или плотности вероятностей) траекторий функционирования системы во времени и показатели их эффективности.

Для оценки эффективности работы ГПА нужно знать коэффициенты Ф, характеризующие конкретные состояния всей системы дожимной подстанции. Перечислим основные методы их получения.

Коэффициенты Ф можно определять на стадии проектирования аналитическим путем. Реализуется точное или приближенное выражение требуемого выходного эффекта системы через работоспособность ее элементов. Ф иногда является элементарной функцией количества всех работающих элементов. Для работы с многократными действиями также возможно элементарное представление.

Для определения коэффициентов Ф может применяться метод физического и математического моделирования состояний. Он имеет самостоятельное значение, а также применяется для уточнения и корректировки.

Метод непосредственного эксперимента на одном ГПА, заключается в физическом моделировании работы. Состояния системы анализируются при отключении в заданные моменты времени. Этот метод используют на этапе окончательной проверки эффективности системы [4].

Необходимость определения тех или иных коэффициентов эффективности обусловлена степенью точности. Если величины достаточно близки к единице, то из всех значений Н только H_0 и H_i играют существенную роль, а вероятности состояний высшего порядка H_{ij}, H_{ijk}, …, настолько малы, что в сумме даже с весовыми коэффициентами $Ф_{ij}$, $Ф_{ijk}$, ..., близкими к единице, не превысят допустимой величины ошибки. Выполнение этого условия считают предварительной оценкой вероятности тех или иных состояний, основываясь на весьма недостоверных статистических данных.

Список литературы

1. Горбань, А.А. Классификация отказов газоперекачивающих агрегатов / А.А. Горбань, Е.С. Шелихов, Э.Л. Греков // Сборник материалов X Всероссийской конференции. Компьютерная интеграция производства и ипи-технологии. – Оренбург: ОГУ, 2021. – С. 254-258

2. Горбань, А.А. К вопросу оценки надежности газоперекачивающих агрегатов на базе синхронных электродвигателей / А.А.Горбань, Е.С. Шелихов, Э.Л. Греков, М.Б.Милехин // Известия ТулГУ. Технические науки, 2021. – №11. – С. 552-558

3. Горбань, А.А. Определение законов распределения средней наработки до отказа газоперекачивающих агрегатов на базе синхронных электродвигателей / А.А.Горбань, Е.С. Шелихов, Э.Л. Греков, М.Б.Милехин // Известия ТулГУ. Технические науки, 2021. – №10. – С. 153-159

4. Горбань, А.А. Методика оценки надежности газоперекачивающих агрегатов/ А.А. Горбань, Е.С. Шелихов, Э.Л. Греков //материалы XII Всероссийской научно-технической конференции. Энергетика: состояние, проблемы, перспективы. – Оренбург: ОГУ, 2021. – С. 173-177.

МОДЕЛИРОВАНИЕ МИКРОСИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С НАКОПИТЕЛЕМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Шлейников В.Б. канд. техн. наук, Зельдкин Б.С.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

В последние насколько лет все возрастающий интерес посвящен исследованиям, связанным с применением накопителей электроэнергии (НЭ) в различных областях хозяйственной деятельности. Однако, практическая реализация многих проектов встречается только в виде опытных образцов.

Такая ситуация складывается ввиду высокой стоимости отдельных элементов системы с НЭ, которые все еще строятся по принципу обеспечения максимума установленной мощности. В связи с этим распространены централизованные установки с НЭ мощностью 100 кВт и выше.

В системах электроснабжения с избирательным составом электроприемников отмечается ухудшение показателей электрической схемы при передаче электроэнергии к электроприемникам.

Цель работы – адаптация известных моделей системы электроснабжения с накопителями электроэнергии к микросистеме электроснабжения.

Задачи

1 анализ литературных источников в области моделирования систем ЭСн с накопителями электроэнергии;

2 разработка теоретической модели микросистемы ЭСн с учетом ограничений и требований электротехники;

3 разработка компьютерной модели микросистемы ЭСн с учетом известных ограничений;

4 экспериментальное исследование работы моделируемой микросистемы ЭСн и определение ее основных параметров;

5 выработка рекомендаций по совершенствованию работы микросистемы ЭСн.

Объект исследования – микросистема электроснабжения с накопителем электроэнергии.

Предмет исследования – параметры передачи электроэнергии от накопителя к электроприемникам

Для решения поставленных задач планируется использовать модель [1] в которой реализован принцип электроснабжения «по возможности». В данной схеме происходит последовательное отключение самого мощного электроприемника от электрической сети в режиме – питание от накопителя. Оставшийся ресурс энергии распределяется между менее мощными электроприемниками. В другой известной модели [2], также выполняется ранжирование электроприемников по мощности и режиму электропотребления.

Данные модели предусматривают перераспределение нагрузки в зависимости от возможностей источника питания (накопителя).

Детальное рассмотрение особенностей электропотребления согласно [1] обнаруживает увеличение потерь электроэнергии при некоторых конфигурациях схемы внутридомового распределения электроэнергии. Увеличению потерь способствует особенность применения преобразовательного оборудования.

Адаптацию системы с накопителем электроэнергии к микросистеме электроснабжения предусматривается выполнять с учетом алгоритмов, рассмотренных в [3].

Модернизированная модель микросистемы электроснабжения в системе MATLABпредставлена на рисунке 1, однако ранжирование электроприемников предполагается выполнить по принципу формирования «энергопакета» [3].

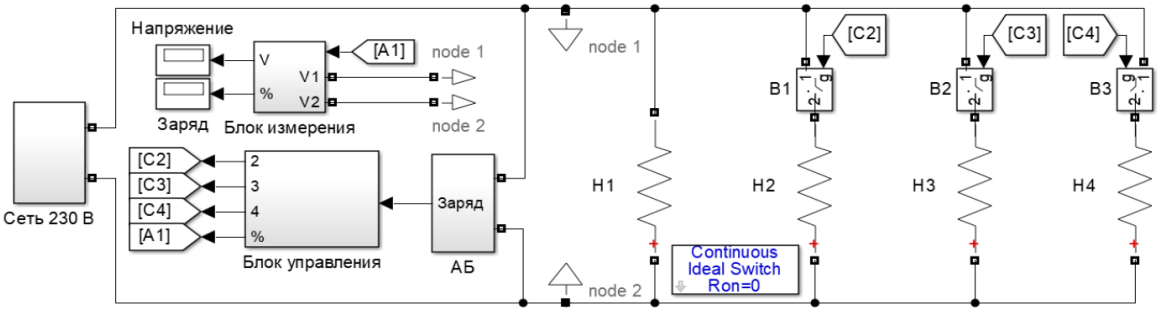


Рисунок 1 – Модель для исследования микросистемы электроснабжения

Основными функциональными блоками данной модели является АБ – аккумуляторная батарея; H1…H4 – нагрузка; Сеть 230 В – обобщенный источник заряда АБ; Блок управления – контроллер включения и отключения нагрузки.

Отличительной особенностью данной модели является использование вместо блока управления широко распространенного устройства управления включением и отключением нагрузки, имеющего в разы меньшую стоимость.

В результате исследования данной модели планируется выявить критерии оптимизации при разработке схемы микросистемы ЭСн с накопителем электроэнергии.

Список литературы

1 Крынов В. М., Сермягина Е. К. Оптимизация работы резервного электроснабжения индивидуального жилого дома от системы с накопителями электроэнергии // Шаг в науку. – 2020. – № 2. – С. 47–51.

2 Добрего К. В. Модель электрической нагрузки жилищно-коммунального объекта для исследования систем «генератор – накопитель – потребитель» методом Монте-Карло // Наука и техника. – 2017. – № 2. – С. 160–170.

3 Буткина А.А. Математическое моделирование и оптимизация режимов работы микросети с накопителями электрической энергии. Автореферат на соискание ученой степени кандидата технических наук . Ульяновский государственный университет. - Ульяновск, 2018. – 28 с.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В МИКРОСИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Шлейников В.Б., канд. техн. наук,
Тимшина С.О., Зельдкин Б.С.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Для сетей, которые не оснащены средствами телемеханики используются аналитические методы расчета, которые опираются на характеристики графиков нагрузки элементов сети, например, за режимные дни (рабочий день в середине июля и середине декабря) или оценочные методы, использующие обобщенные данные о схемах сети. С помощью методов оперативных расчетов можно сколь угодно точно рассчитать потери для текущих и прошедших установившихся режимов, но нельзя проанализировать влияние на потери изменения схемы сети или нагрузок и т.д. Поэтому для перспективных расчетов можно использовать только аналитические или оценочные методы [1]. Классификация методов приведена на рисунке 1.

Рисунок 13 - Классификация методов расчета нагрузочных потерь

Нагрузочные потери за период *T*часов могут быть рассчитаны одним из следующих пяти методов [2] в зависимости от объема имеющейся информации

о схемах и нагрузках сетей (методы расположены в порядке снижения точности расчета):

1 оперативных расчетов;

2 расчетных суток;

3 средних нагрузок;

4 числа часов наибольших потерь мощности;

5 оценки потерь по обобщенной информации о схемах и нагрузках сети.

Основным методом для определения потерь в поселковых сетях был выбран метод средних нагрузок. Данный метод имеет достаточно малую погрешность, а также широко применяется на практике. Далее приведен используемый алгоритм расчета падения напряжения на ВЛ-0,4 кВ.

Алгоритм расчета:

1. Определение нагрузки на вводах:

$$P_i = N \cdot k \cdot p + (P_{заяв} \cdot k), \qquad 1)$$

где N – количество зданий;

p – максимальная мощность объекта, кВт;

k – коэффициент одновременности в сетях 0,38 кВ;

$P_{заяв}$ – мощность заявителя запрашиваемая, кВт.

2. Определяем ток на участке:

$$I_i = \frac{\Sigma P_i}{\sqrt{3} \cdot U_н \cdot \cos\varphi}, \qquad (2)$$

где ΣP_i - суммарная мощность i-го участка.

3. Рассчитываются потери напряжения для каждого из участков:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot (R_0 \cdot L \cdot \cos\varphi + X \cdot L \cdot \sin\varphi), \qquad 3)$$

где R_0 - активное сопротивление провода, Ом/км;

X – реактивное сопротивление провода, Ом/км.

4. Расчет потерь методом средних нагрузок:

$$\Delta W = \Delta P_{ср} \cdot \Delta T \cdot k_ф^2, \qquad 4)$$

На основе приведенного расчета разработана программа в среде программирования Delphi [3], позволяющая выполнять расчеты потерь

электроэнергии в микросистеме электроснабжения до 1 кВ с высокой точностью и достоверностью. Преимуществом данной программы является значительное упрощение процесса расчета потерь в микросистемах электроснабжения, а так же ее универсальность. Для упрощения, в программу могут добавляться основные типы оборудования, используемого в поселковых сетях, а также их параметры, необходимые для расчета.

Блок-схема алгоритма представлена на рисунках 2-3.

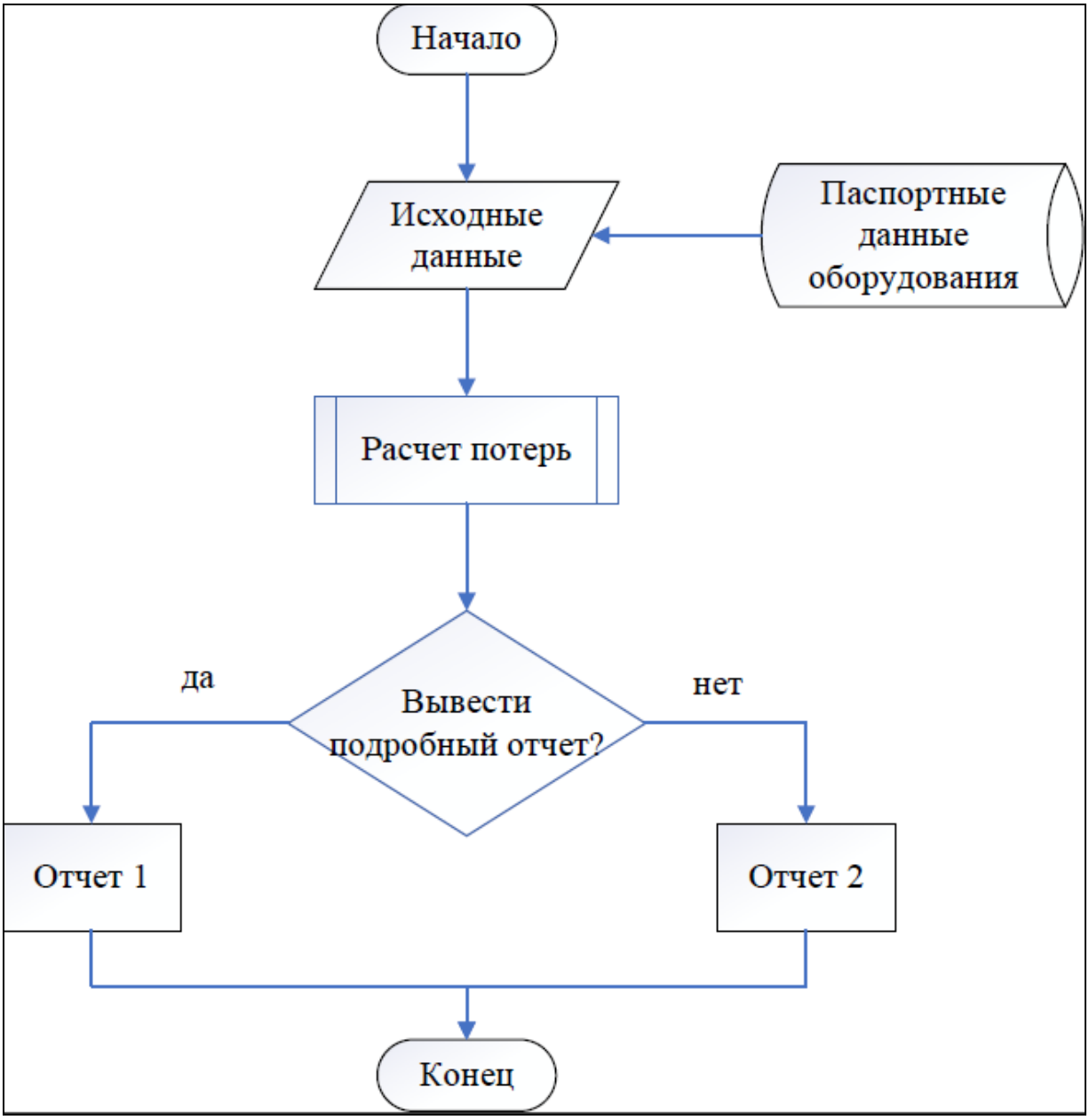


Рисунок 14 - Блок-схема алгоритма расчета

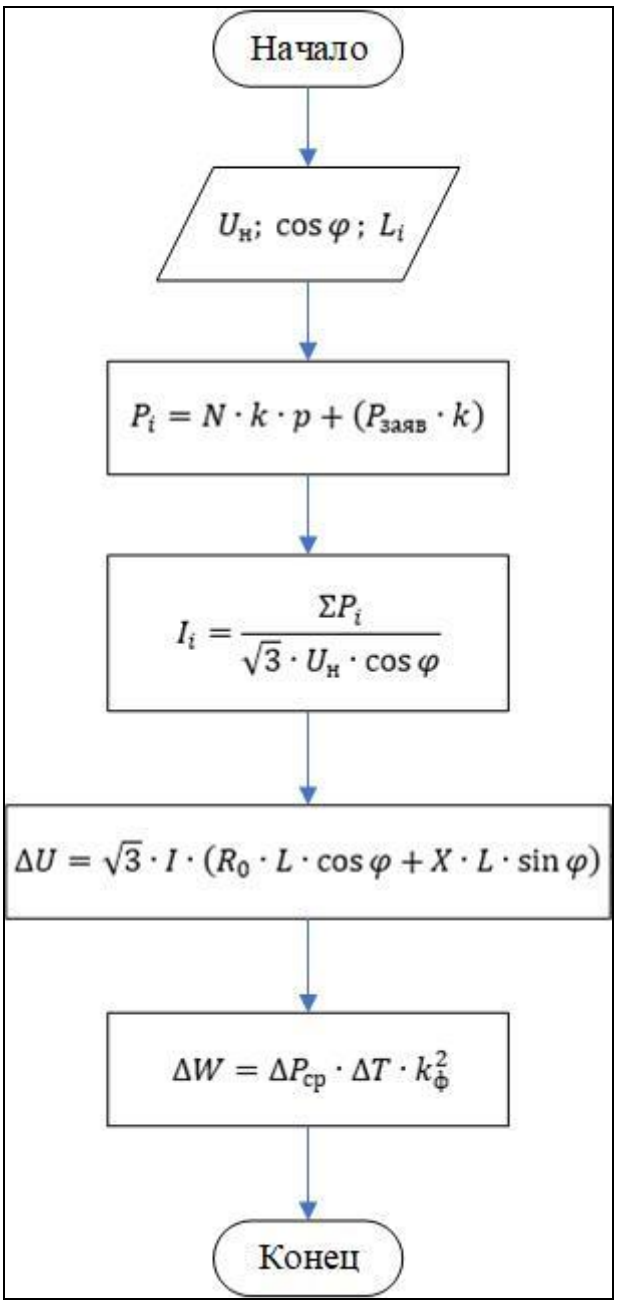


Рисунок 15 - Блок-схема функции "Расчет потерь"

В результате разработки данной программы, получим «настраиваемый инструмент» позволяющий выполнить как оценочный экспресс расчет, так и проводить его уточнение в дальнейшем путем внесения новых данных. Наличие базы паспортных данных оборудования, позволит в перспективе выполнить прогнозирование изменения потерь, а также пути их снижения в зависимости от внешних факторов.

Список литературы

1 Методы учета потерь в электрических системах с распределенной генерацией Богатырев А.В.Новое в российской электроэнергетике. 2021. № 12. С. 21-29.

2 Железко Ю.С., Артемьев А.В., Савченко О.В. Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях: Руководство для практических расчетов. М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004. - 280 с.

3 Осипов Д.,Delphi. Профессиональное программирование. – СПб.: Символ-Плюс, 2006. –1056 с., ил.ISBN 5-93286-074-X

ОБРАБОТКА ДАННЫХ ОСЦИЛОГРОФА ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ СНЯТИИ ВНЕШНЕГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАШИНЫ

Ямансарин И.И., канд. техн. наук,
Саликов М.П. ,канд. техн. наук,., доцент,
Падеев А.С., канд. техн. наук,., доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Использование внешнего магнитного поля (ВМП) электрических машин в качестве диагностического признака в настоящее время не получило широкого распространения ввиду сложности регистрации и анализа результатов. Предполагается, что ВМП является частью основного магнитного поля машины и поэтому должно обладать теми же свойствами, а именно ВМП поле должно содержать основную гармонику, зубцовые гармоники [1,2,3].

Первые попытки авторов регистрации ВМП универсальным электронным осциллографом показали, что величина полезного сигнала ВМП сравнима с помехами. Можно просто не увидеть исследуемое ВМП из-за шумов, помех и т.д. Например, на рисунке 1, кривая 1, показана осциллограмма ЭДС наведенная в индуктивном датчике ВМП. На первый взгляд полученная осциллограмма не содержит полезной информации, но при использовании простейшего фильтра низких частот (ФНЧ) можно разглядеть полезный сигнал - кривая 2. В сигнале 2 невооруженным взглядом можно обнаружить гармонику с частотой 50 Гц и зубцовые гармоники порядка $(z_1 \pm 1) \cdot k$(где z_1 – число зубцов статора, k=1,2,3). Разложение сигнала 2 в ряд Фурье подтверждает предположения. Для снятия сигнала используется цифровой осциллограф с возможностью записи сигнала.

На рисунке 2 показаны гармонический состав ВМП асинхронного электродвигателя АИР100S2. Если разложить в ряд Фурье сигнал с шумами то можно выделить только первую гармонику, зубцовые гармоники на фоне «белого шума» неразличимы. При разложении в ряд Фурье сигнала полученного с использованием простейшего ФНЧ (авторы использовали конденсатор), кроме основной гармоники различимы зубцовые гармоники. По мнению авторов использование кроме основной гармоники еще и зубцовых гармоник может расширить возможности использования ВМП в качестве диагностического признака.

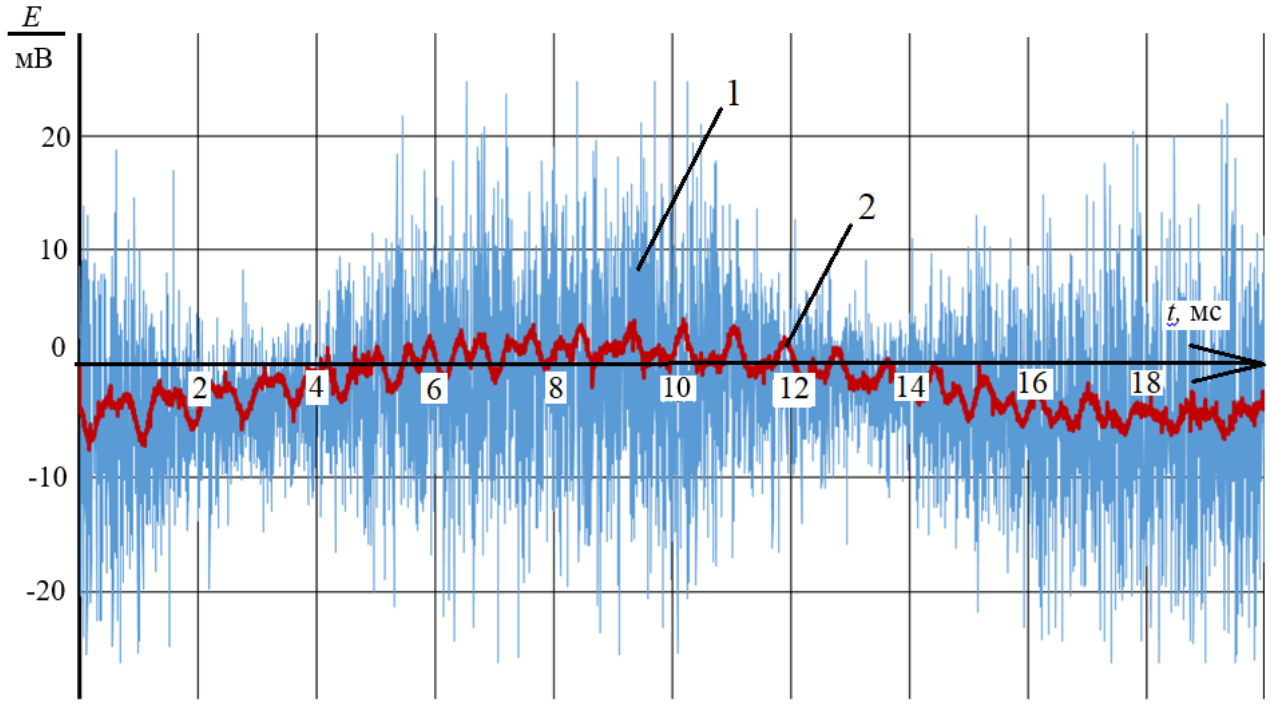


Рисунок 1 Осциллограммы сигнала ВМП: 1- без подавления шума, 2 – с использованием емкостного ФНЧ

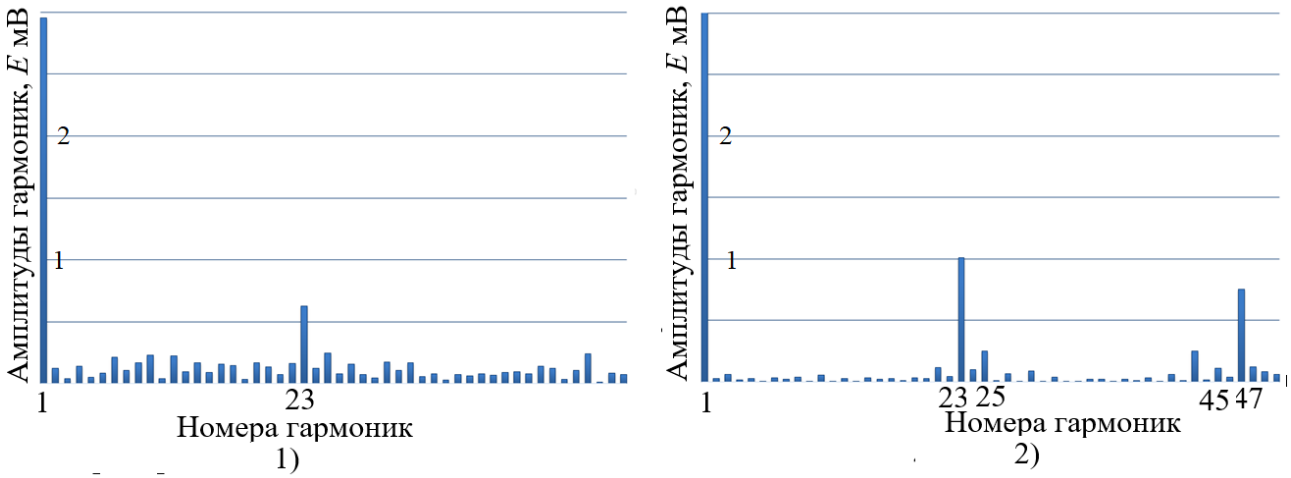


Рисунок 2 Гармонический состав ВМП: 1- без подавления шума, 2 – с использованием емкостного ФНЧ

В работе [1] показано, что соотношения амплитуд различных гармоник ВМП сильно зависят от ориентации датчика и места измерения. В таблице 1 представлены результаты эксперимента по определению ВМП при нежестком закреплении датчика, когда датчик после каждого опыта отводился от места измерения и снова подводился при следующем опыте. Из таблицы 1 видно, что коэффициент вариации для первой гармоники составляет 3,37%. Для зубцовых гармоник а именно 23, 25,45,47-й коэффициент вариации составляет от 6,99 до 64%. При таком способе измерения ВМП использование результатов, особенно для зубцовых гармоник сомнительно. Коэффициент вариации показывает какие гармоники более точно воспроизводятся при следующих опытах. Например,

если посмотреть из таблиц 1 и 2 можно увидеть, что для первой и зубцовых гармоник коэффициент вариации от 0,683 до 25%. А для 3,4,5,6-й коэффициент вариации составляет от 25 до 142%.

Таблица 1 – Результаты эксперимента по снятию ВМП АД, при нежёстком закреплении датчика

Номер гармоники	№ опыта										Средн. значе-ние	Станд. откло-нение	Коэф. вари-ации, %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Гармоника 1, мВ	2,20	2,22	2,21	2,19	2,21	2,15	2,05	2,01	2,16	2,15	2,156	0,0728	3,37
Гармоника 3, мВ	0,0255	0,0436	0,0414	0,0341	0,0326	0,0519	0,0351	0,0344	0,0300	0,0050	0,0162	0,0168	103,9
Гармоника 4, мВ	0,010	0,007	0,014	0,023	0,018	0,026	0,018	0,009	0,031	0,007	0,0140	0,0101	72,3
Гармоника 5, мВ	0,030	0,038	0,026	0,035	0,034	0,037	0,021	0,017	0,018	0,015	0,0204	0,0088	43,4
Гармоника 6, мВ	0,009	0,002	0,023	0,006	0,018	0,008	0,012	0,004	0,030	0,013	0,0095	0,01	105
Гармоника 23, мВ	0,24	0,25	0,28	0,24	0,25	0,27	0,23	0,25	0,27	0,28	0,2599	0,0181	6,99
Гармоника 25, мВ	0,14	0,14	0,17	0,14	0,13	0,15	0,11	0,11	0,14	0,13	0,1386	0,0177	12,8
Гармоника 45, мВ	0,014	0,014	0,006	0,023	0,024	0,006	0,005	0,010	0,010	0,014	0,0104	0,0067	64
Гармоника 47, мВ	0,032	0,045	0,040	0,030	0,049	0,041	0,041	0,022	0,035	0,034	0,0357	0,0079	22,1

В таблице 2 приведены результаты опытов по снятию ВМП при жестком закреплении датчика. Проведено 10 опытов. Коэффициент вариации для первой гармоники уменьшился в 5 раз до 0,683%, для зубцовых гармоник коэффициент вариации составил от 3,1 до 24%.

Таким образом жесткое закрепление датчика позволяет более точно снимать сигналы ВМП. Низкая вариация амплитуд зубцовых гармоник, позволяет использовать их для диагностики.

Таблица 2 – Результаты эксперимента по снятию ВМП АД, при жёстком закреплении датчика

Номер гармоники	№ опыта										Средн. значе-ние	Станд. откло-нение	Коэф. вари-ации, %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Гармоника 1, мВ											2,307	0,0157	0,683
Гармоника 3, мВ	0,0252	0,0143	0,0024	0,0182	0,0043	0,0137	0,0115	0,0253	0,0146	0,0268	0,0090	0,0084	93,9
Гармоника 4, мВ	0,013	0,009	0,034	0,007	0,008	0,004	0,024	0,008	0,008	0,001	0,0068	0,0097	142
Гармоника 5, мВ	0,018	0,027	0,037	0,029	0,020	0,037	0,035	0,039	0,029	0,027	0,0284	0,0071	25,2
Гармоника 6, мВ	0,015	0,011	0,006	0,020	0,013	0,015	0,023	0,023	0,018	0,014	0,0142	0,0052	36,7
Гармоника 23, мВ	0,318	0,345	0,35	0,339	0,323	0,329	0,328	0,319	0,327	0,328	0,33	0,0104	3,1
Гармоника 25, мВ	0,227	0,207	0,186	0,198	0,186	0,202	0,212	0,182	0,207	0,191	0,199	0,0139	7,00
Гармоника 45, мВ	0,017	0,010	0,019	0,021	0,019	0,019	0,015	0,017	0,01	0,020	0,016	0,0039	24,7
Гармоника 47, мВ	0,085	0,090	0,067	0,058	0,084	0,063	0,081	0,069	0,088	0,072	0,0745	0,0112	15,0

Данные в таблицах 1,2 получены при использовании двухканального универсального цифрового осциллографа с частотами дискретизации от 10 кГц до 100 мГц. Прибор является универсальным и рассчитан на широкий диапазон частот. Сигнал ВМП является низкочастотным. Поэтому авторы дальнейшие исследования проводили на низкочастотном аналого-цифровом (АЦП) преобразователе с максимальной частотой дискретизации 400 кГц. Результаты влияния частоты дискретизации на амплитуды гармоник представлены в таблице 3. Частота изменялась от 66,7 до 400 кГц (на универсальном осциллографе частота 250 кГц), датчик ВМП жестко закреплен. Для первой гармоники коэффициент вариации составил 0,337%, для зубцовых гармоник от 5,81, до 14%.

Таблица 3 – Результаты эксперимента по снятию ВМП АД, при жёстком закреплении датчика и разных частотах дискретизации

Номер гармоники	Частоты дискретизации, кГц						Средн. значение	Станд. откло-нение	Коэф. вари-ации, %
	66,6	80	100	133	200	400			
Гармоника 1, мВ	4,077	4,084	4,093	4,069	4,063	4,05	4,072	$1{,}537\times10^{-2}$	0,377
Гармоника 3, мВ	0,253	0,263	0,262	0,252	0,252	0,249	0,255	$5{,}96\times10^{-3}$	2,33
Гармоника 4, мВ	0,00384	0,00829	0,00380	0,00757	0,00148	0,00102	0,00637	$4{,}14\times10^{-3}$	65,0
Гармоника 5, мВ	$7{,}86\times10^{-2}$	$6{,}98\times10^{-2}$	$7{,}86\times10^{-2}$	$7{,}54\times10^{-2}$	$8{,}33\times10^{-2}$	$7{,}46\times10^{-2}$	0,076	$4{,}57\times10^{-3}$	5,98
Гармоника 6, мВ	$2{,}23\times10^{-2}$	$3{,}40\times10^{-2}$	$2{,}53\times10^{-2}$	$2{,}28\times10^{-2}$	$3{,}03\times10^{-2}$	$2{,}74\times10^{-2}$	0,0264	$4{,}53\times10^{-3}$	17,1
Гармоника 23, мВ	1,119	1,157	1,232	1,218	1,137	1,051	1,149	$6{,}67\times10^{-2}$	5,81
Гармоника 25, мВ	7,49	5,11	6,21	6,86	6,94	6,37	0,6407	$8{,}17\times10^{-2}$	12,7
Гармоника 45, мВ	0,446	0,306	0,345	0,396	0,423	0,427	0,3839	$5{,}44\times10^{-2}$	14,1
Гармоника 47, мВ	1,4	,1,63	1,41	1,47	1,43	1,54	1,48	$9{,}06\times10^{-2}$	6,1

Выводы:

При проведении опытов по измерению ВМП необходимо использовать шумоподавляющие устройства, либо использовать низкочастотные измерительные приборы;

При измерении ВМП одновременно в нескольких точках, необходимо использовать несколько жестко закрепленных датчиков.

Использование низкочастотного АЦП позволило повысить точность результатов измерения ВМП.

Список литературы

1 Подход к использованию внешнего магнитного поля в качестве диагностического признака неисправности асинхронного электродвигателя [Электронный ресурс] / И. И. Ямансарин, М. П. Саликов, А. С. Падеев, Д. В. Сурков // Известия высших учебных заведений. Электромеханика,2021. - Т. 64, N 3. - С. 18-23. . - 6 с.

2 Ямансарин, И. И. Поиск диагностических признаков в сигналах внешнего магнитного поля асинхронного электродвигателя [Электронный ресурс] / И. И. Ямансарин, М. П. Саликов // Энергетика: состояние, проблемы, перспективы : материалы XII Всерос. науч.-техн. конф., 28-30 окт. 2021 г., Оренбург / М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т".- Электрон. дан. - Оренбург : ОГУ,2021. - . - С. 125-127. . - 3 с.

3 Падеев, А. С.Высшие гармоники магнитного поля в асинхронной машине при нарушении равномерности воздушного зазора [Электронный ресурс] / А. С. Падеев, И. И. Ямансарин, Д. В. Сурков // Энергетика: состояние, проблемы, перспективы : материалы XII Всерос. науч.-техн. конф., 28-30 окт. 2021 г., Оренбург / М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т".- Электрон. дан. - Оренбург : ОГУ,2021. - . - С. 104-109. . - 6 с.