

СЕКЦИЯ 14

«НАУЧНО- МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГЕТИКИ»

СОДЕРЖАНИЕ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВРЕМЕННОЙ БЫСТРОВЗВОДИМОЙ ОПОРЫ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НАПРЯЖЕНИЕМ 35-110 КИЛОВОЛЬТ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ Андросов В.И., Полякова Л.Ю., канд. техн. наук, доцент	3302
АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕПЛОЭНЕРГТИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗМОЖНОСТЕЙ 3D МОДЕЛИРОВАНИЯ Ануфриенко О. С., канд. техн. наук, доцент, Долинин Д.В.	3309
ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ МЕТОДОВ СНИЖЕНИЯ ТОПЛИВНОГО ПЕРЕЖОГА ЭНЕРГОБЛОКОМ 300 МВт Ануфриенко О. С., канд. техн. наук, доцент, Казиев А.З., Базарбаев А.М.	3316
ПРОБЛЕМА УТИЛИЗАЦИИ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОГО ТЕПЛО НА ТЭС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛООБМЕННОГО АППАРАТА КОНТАКТНОГО ТИПА Ануфриенко О. С., канд. техн. наук, доцент	3324
ПОРТАТИВНЫЕ ЭКСТРУДЕРЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФИЛАМЕНТА Безгин А.С., канд. техн. наук, Смирнов С.Ю., Греков Э.Л., канд. техн. наук, доцент	3329
РЕАЛИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ И ИНДИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА «АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ НАСОСНАЯ СТАНЦИЯ» С ПОМОЩЬЮ СЕНСОРНОЙ ПАНЕЛИ СП307 Безгин А.С., канд. техн. наук, Греков Э.Л., канд. техн. наук, доцент, Коробов В.О.	3335
ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ НА БАЗЕ ОРСКОГО ГУМАНИТАРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА (ФИЛИАЛ) ОГУ Беянцева Н.В. ..	3342
ПРОБЛЕМЫ ТРУДОУСТРОЙСТВА ВЫПУСКНИКОВ НАПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ 13.03.02 «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА» Беянцева Н.В., Замулдинов Э.О.	3345
ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕССИМЕТРИЧНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ Бикмухаметов Т.Н.	3348
МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТРЕХФАЗНЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ Бикмухаметов Т.Н.	3352
ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ КАК ФАКТОР МОТИВАЦИИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ Богданов А.В., канд. техн. наук	3355
АСПЕКТЫ КОМПЬЮТЕРНОГО ОБУЧЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ПРОМЭЛЕКТРОНИКЕ Булатов В.Н., д-р техн. наук, профессор, Хлуденев А.В., канд. техн. наук, доцент	3358

РАСЧЕТ ИНТЕНСИВНОСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ РУ 220 КВ Быковская Л.В. канд. техн. наук, доцент, Лукавенко Е.А.	3363
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЕ Валиуллин К.Р., Лобанов В.А.	3367
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПУСКА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ Веремеев А.А., Митрофанов С.В., канд. тех. наук, доцент	3374
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ АДАПТИВНОГО РАЗЛОЖЕНИЯ РЕГИСТРОГРАММ Влацкая Л.А., канд. техн. наук, доцент, Скачков А.С. .	3381
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ Влацкая Л.А., канд. техн. наук, доцент, Горшкова А.И.	3385
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ STM32 В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ Гибаев А.З., Греков Э.Л., канд. техн. наук, доцент, Безгин А.С., канд.техн.наук	3389
ЗАДАЧИ АВТОМАТИЗАЦИИ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ Серегин А.А., Греков Э.Л., канд. техн. наук, доцент, Шелихов Е.С., канд.техн.наук.....	3395
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ВЫСТАВКА КАК ЭЛЕМЕНТ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГЕТИКИ Гусейнова Т.Н., Шамсутдинова С.А.....	3400
К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ, ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА ДЛЯ ЗДАНИЯ «ТЕХНОПАРК» ПО ОБЪЕКТУ «ИЦС СКОЛКОВО» Долинин Д.В., Кузнецова А.А., Путилин Н.В.....	3406
ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ ХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ПРИМЕРЕ АО «НЗХС» Ерофеев С.В., Тимофеев А.М.	3417
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА МАЛОЙ МОЩНОСТИ С МАКСИМАЛЬНОЙ УДЕЛЬНОЙ МОЩНОСТЬЮ Ерунов В.П., канд. техн. наук, доцент, Рахимов Е.М.	3422
К ВЫБОРУ МЕТОДА РАСЧЁТА МАГНИТНОГО ПОЛЯ РАССЕЯНИЯ ПАЗА РОТОРА Жоке А.Н.	3435
К ВОПРОСУ МОДЕРНИЗАЦИИ ПОНИЗИТЕЛЬНЫХ ПОДСТАНЦИЙ ВОСТОЧНОГО ОРЕНБУРЖЬЯ Задорожный В.Д., канд. техн. наук., доцент	3439
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ МЕХАНИЗМА НАПОРА ЭКСКАВАТОРА ЭКГ-10 ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЕГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ Зенчик В.В., Греков Э.Л., Безгин А.С.	3442

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ПОДСТАНЦИИ 10 и 6 КВ С РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТОЙ НА БАЗЕ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ БЛОКОВ Иваков Д.Ю.	3445
ИНТЕРПРЕТАЦИЯ И ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ Искандаров К.Р. , Рябов М.В.	3453
ПРИМЕР РАСЧЕТА ИНДИКАТОРНЫХ ДИАГРАММ ПОРШНЕВОГО КОМПРЕССОРА Коротков Д.В., Матушевич А.А.	3459
МЕТОДИКА ТЕПЛОВИЗИОННОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ТРЕХФАЗНОГО ТРАНСФОРМАТОРА Логачева В.Н.	3466
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ЧАСТНОГО ДОМА Маслов В.А., Шлейников В.Б., канд. техн. наук, доцент	3469
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГАЗОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ГПЗ Матвейкин С. Н., Нелюбов В. М., канд. техн. наук, доцент	3477
АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ Митрофанов С. В., канд. техн. наук, доцент, Ефремов В.В.	3484
ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ С ДВУХКООРДИНАТНЫМ ГЕЛИОТРЕКЕРОМ Митрофанов С.В., канд. техн. наук, доцент, Байкасенов Д.К., Немальцев А.Ю.	3487
ПЕРСПЕКТИВЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ИЗУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН Нагорный Ф.Д., канд.тех.наук, доцент	3490
МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ТРАНСФОРМАТОРА С МАГНИТОПРОВОДОМ, СПОСОБНЫМ КОМПЕНСИРОВАТЬ РЕАКТИВНУЮ МОЩНОСТЬ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПАКЕТА MatLAB Нелюбов В. М., канд. техн. наук, доцент, Вороньжев И. Д.	3493
ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ СЕССИЙ ПО ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМ ПРОГРАММАМ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ Нелюбов В.М., канд. техн. наук, доцент	3497
ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СЕТЕВОГО КОМПЛЕКСА ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ОПОР ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ Нелюбов В.М., канд. техн. наук, доцент, Лунев В. Г.	3499
ВОПРОСЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ ВНУТРИЗАВОДСКОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ Панишев И.В., Кукушкин Д.С.	3503
МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ВІМ – ТЕХНОЛОГИЙ Пилипенко В.Т., Исингалеева А.У.	3512

ОСНОВЫ РАСЧЕТА СИСТЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗДАНИЯ С АВТОМАТИЗИРОВАННЫМ ИНДИВИДУАЛЬНЫМ ТЕПЛОВЫМ ПУНКТОМ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ Подъячев А.В., Тиканов А.А.	3519
МЕТОДЫ АНАЛИЗА И МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРЕПОДАВАНИИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ Посягина Т.А., канд. пед. наук	3527
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ НАРУЖНЫМ ОСВЕЩЕНИЕМ ПАРКОВОЙ ЗОНЫ Сабитов Р.М., Семенова Н.Г., д-р пед. наук, профессор	3532
О ВЫБОРЕ СИСТЕМЫ ЕДИНИЦ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЭЛЕКТРОМЕХАНИКОВ Саликов М.П., канд. техн. наук, доцент, Ямансарин И.И. канд. техн. наук ...	3537
ГРУППА ПОДВИЖНОГО ОТРЕЗНОГО БЛОКА Сорокин В.А., Безгин А.С., канд. техн. наук, Греков Э.Л., канд. техн. наук, доцент, Тертичный С.В.	3540
РАЗРАБОТКА И ИЗГОТОВЛЕНИЕ НАЛАДОЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО КОМПЛЕКСА НА БАЗЕ ОБОРУДОВАНИЯ ФИРМЫ «ОВЕН» Сорокин В.А., Крупский А.А.	3544
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ОСВЕЩЕНИЕМ И МИКРОКЛИМАТОМ ПОМЕЩЕНИЯ Семенова Н.Г., Умарханов К.Н.....	3551
ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ Урляков А.С., Сероштан С.В.	3555
ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ОБСЛУЖИВАНИЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ КАК ПРОБЛЕМА СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ Уткина Т.И., д-р. пед. наук, профессор, Гладкая Е.О.	3559
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ ВИЗУАЛИЗАЦИИ МАТНСАД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ ЦЕПЕЙ Ушакова Н.Ю., канд. техн. наук, доцент.....	3563
АЛЬТЕРНАТИВЫ РАЗВИТИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ Чугунов А.С.	3567
К ВОПРОСУ ИММИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ КОНЕЧНОСТЕЙ РОБОТА ГЕСАПОДА В ПОСТРАНСТВЕ Шелихов Е.С., канд. техн. наук, Греков Э.Л., канд. техн. наук, доцент, Ростов И.А.	3571
РАЗРАБОТКА ИММИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ЛЕНТЫ СПЕКАТЕЛЬНЫХ ТЕЛЕЖЕК АГЛОМАШИНЫ Шелихов Е.С., канд. техн. наук, Греков Э.Л., канд. техн. наук, доцент, Чесская М.В.	3574

3D МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ Шлейников В.Б., канд. техн. наук, доцент, Зайногабденова Л.Р., Головина В.Н.	3578
ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИТНЫХ ОПОР ЛЭП Шлейников В.Б., канд. техн. наук, доцент, Коблова Т.В., Муллаянов Р.И.	3581

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВРЕМЕННОЙ БЫСТРОВОЗВОДИМОЙ ОПОРЫ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НАПРЯЖЕНИЕМ 35-110 КИЛОВОЛЬТ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

**Андросов В.И., Полякова Л.Ю., канд. техн. наук, доцент
Кумертауский филиал Оренбургского государственного университета**

ООО «Башкирэнерго» оказывает услуги по передаче электрической энергии с использованием магистральных линий электропередачи напряжением 110 кВ и ниже. Выполняет работы по присоединению к электрическим сетям, по сбору и обработке технологической информации, включая данные измерений и учета.

ПО «Кумертауские электрические сети» (КЭС) является структурным подразделением ООО «Башкирэнерго», основной задачей которого является транспортировка и распределение электрической энергии потребителям. Общая протяженность воздушных линий электропередачи напряжением 0,4 - 110кВ составляет 8660,35 км; кабельных линий напряжением 0,4 - 110кВ – 467,86 км. В настоящее время организация обслуживает более 60 подстанций и более 2505 трансформаторных пунктов. Число присоединенных потребителей приближается к 91 тыс. абонентов. Территориально ПО «КЭС» находится на юге Республики Башкирия и оказывает услуги по передаче электрической энергии с использованием линий электропередачи напряжением 35-110 килвольт.

Современные условия развития общества и экономики связаны с необходимостью увеличения объёмов выработки и передачи электроэнергии. При этом возрастает необходимость строительства новых линий электропередачи и модернизации старых. В подобных условиях так же ужесточаются требования к надежности и бесперебойности электроснабжения объектов потребления, а предотвращение или быстрейшая ликвидация повреждений, в случае аварий, на воздушных линиях электропередачи становится приоритетной задачей.

Для решения указанных задач, может использоваться мобильная опора многократного использования, доставляемой и монтируемой в максимально короткие сроки без применения грузоподъемных машин.

В настоящее время для быстрого восстановления поврежденного участка ЛЭП требуются значительные трудозатраты, применение специальной техники, как для доставки изделия, так и для проведения работ с ним на месте. При этом существующие типы и технологии монтажа опор имеют ограничения на проведение работ в неблагоприятных условиях и труднодоступных местах. Использование временных быстровозводимых и демонтируемых опор позволяет разрешить сложившееся противоречие и решить следующие задачи: сократить время аварийно-восстановительных работ, снизить недоотпуск электроэнергии, малыми трудозатратами восстановить надежное и безопасное электроснабжение потребителей, позволить создавать временные воздушные линии для подключения мобильных подстанций, осуществить временное технологическое присоединение потребителей.

Ресурс временной опоры позволяет использовать ее в качестве основной на протяжении всего срока службы опоры. После ремонта и установки основной опоры, быстровозводимая опора демонтируется и возвращается на место хранения в аварийный резерв. Быстровозводимая опора многоразовая и может быть применена повторно сразу после демонтажа.

В ПО «Кумертауские электрические сети» работают профессионалы, способные оперативно решать самые сложные задачи. Это неоднократно подтверждалось в условиях осенне-зимних периодов максимальных нагрузок, летних гроз и ураганов, обледенения воздушных линий, масштабных реконструкций объектов энергетики.

ПО «Кумертауские электрические сети» включают в себя 7 районов электрических сетей:

- Ермолаевские РЭС (ЕРЭС).
- Зианчуринские РЭС (ЗРЭС).
- Кумертауские городские РЭС (КГРЭС).
- Мелеузовские РЭС (МлРЭС).
- Мелеузовские городские РЭС (МлГРЭС)
- Мраковские РЭС (МрРЭС).
- Федоровские РЭС (ФРЭС).

Обеспечение бесперебойного электроснабжения потребителей является важнейшей, но и весьма сложной задачей эксплуатации. Структурный состав потребителей электроэнергии КЭС представлен в таблице 1.

Таблица 1. Перечень потребителей КРЭС

Тип потребителя	Доля, %
Промышленные потребители	12
Население городское	19
Население сельское	18
Сельхоз потребители	10
Бюджетные потребители	18
Прочие непромышленные потребители с присоединенной мощностью до 750 кВА	18
Прочее	5

Электрические сети ПО «КЭС» выполнены со следующими ступенями напряжений: 110 кВ, 35 кВ, 10 кВ, 6 кВ, 0,4 кВ.

В их состав входят подстанции (ПС), распределительные пункты (РП), трансформаторные подстанции (ТП): ПС 110 кВ – 21 шт., ПС 35 кВ – 39 шт., РП 6-10 кВ – 12 шт., ТП – 2747 шт.

Состояние ВЛ 110 – 35 кВ ПО «КЭС» в целом удовлетворительное. Основными причинами отключений в работе ВЛ являются: перекрытия при утренней росе, грозовые перекрытия, пляска проводов с последующим с хлестом вызванные погодными условиями (ветер, гололед), весенний паводок реки Белой и притоков р. Белой, Ик, Ашкадар и др.

Для ВЛ-35 кВ на срок службы свыше 25 лет приходится 82 % протяженности линий, для ВЛ-110 кВ соответственно - 51,8 %. Воздушные линии на деревянных опорах для напряжений 0,4 – 10 кВ составляют 42,5 % от общей протяженности ВЛ для данного класса напряжений. Их общая длина – 2952 км. Необходимо отметить, что вероятность повреждения деревянных опор значительно выше, чем железобетонных, а сроки службы меньше.

В последние годы ПО «КЭС» проводит активную замену деревянных опор на железобетонные стойки.

Чрезвычайные ситуации, возникающие в результате техногенных, метеорологических и гидрологических явлений, приводят к внезапным отключениям электросетей. Серьезные повреждения линий электропередачи происходят из-за падения на провода и тросы подгнивших или подмытых паводковыми водами деревьев, а также при ветровых нагрузках превышающих расчетные, грозах и ливневых осадках. Обеспечение бесперебойного электроснабжения потребителей в таких случаях является важнейшей, но и весьма сложной задачей для предприятия.

Отключения происходили в основном в летний и осенний период. Причины отключений воздушных линий объясняются влиянием климатических условий (50...74%), в кабельных линиях – старением изоляции кабельных муфт (86%). Другие причины отключений: изменение материала в процессе эксплуатации (7,9...11,5%); посторонние воздействия (18,6...11,3%); невыясненные причины – до 14 %; недостатки эксплуатации – до 6 %.

Отключения приводят к значительному недоотпуску электроэнергии потребителям и наносит материальный ущерб эксплуатирующей организации, а также к повреждениям элементов электрической сети с частыми разрушениями и падениями опор.

В последнее время повышается интерес специалистов к проблемам проектирования, строительства и реконструкции электросетевых объектов с применением новых научных разработок и передовых технологий, влияющих на надежность эксплуатации воздушных линий электропередачи и повышение технико-экономических показателей.

Быстровозводимая опора линии электропередачи это модель высокотехнологичных разработок отечественных производителей, которая может быть использована для сокращения сроков восстановления электроснабжения потребителей и, как следствие, повышения надежности электроснабжения, а также ускорение процесса технологического присоединения к электрическим сетям [1].

В отличие от уже известных типов опор для ВЛ эту опору (рис. 1) за счет имеющихся у нее конструктивных особенностей можно доставлять на место монтажа в компактном виде. Опора разгружается, собирается и монтируется без применения спецтехники. Кроме того, ее можно устанавливать без возведения фундамента. Новая модель является временной, промежуточной опорой для двухцепной ВЛ 35-110 кВ. Её монтируют взамен поврежденной опоры ВЛ, а в

дальнейшем в подходящее для монтажа время заменяют на штатную опору для длительной эксплуатации [2].

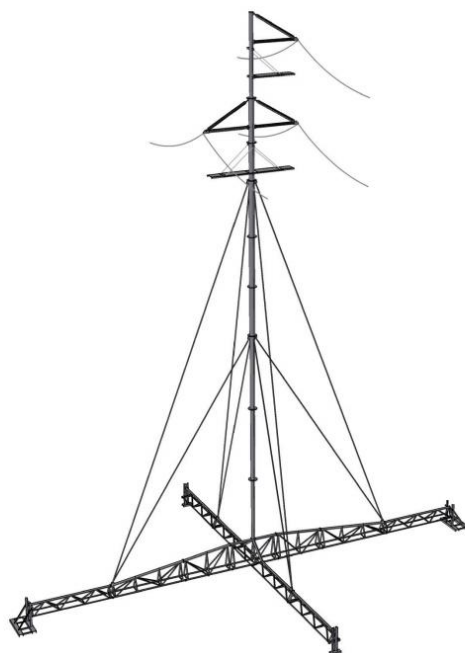


Рисунок 1 – Схема быстровозводимой опоры

Для возведения опоры достаточно бригады из пяти человек, оснащенных средствами малой механизации и инструментом. Быстровозводимая опора обладает рядом положительных характеристик. Среди них – модульность и легкость собираемых элементов (до 100 кг). Для установки опоры не надо строить лежневую дорогу, а в местности со слабыми грунтами - площадку для установки и закрепления спецтехники. Это значительно сокращает сроки монтажа [2].

Ствол опоры состоит из секций, соединяемых между собой при помощи фланцев. Ствол при помощи пространственного шарнира опирается на стальной ростверк. Ростверк состоит из главной и второстепенной пространственных ферм. Для удобства перевозки и монтажа фермы ростверка делятся на секции. Элементы ростверка и ствол опоры выполнены из труб. Ствол опоры удерживается в проектом положении оттяжками. При установке на косогорах имеется возможность регулировки длин оттяжек сцепной арматурой для обеспечения вертикальности положения ствола. При эксплуатации опоры в IV-м ветровом районе по концам главной фермы ростверка устанавливается балласт, предназначенный для обеспечения устойчивости положения опоры от опрокидывания. Балласт выполняется в виде стальных грузов. Траверы полимерные на основе опорных изоляторов, что позволяет уменьшить количество монтажных элементов в опоре и изоляционные расстояния между проводом и стволом. Расположение проводов треугольное.

Основные параметры, область применения:

- район по ветру: IV (36 м/с);
- район по гололеду: III (20 мм);

- провод: АС 300/39;
- высота опоры: 22 м;
- высота подвески нижнего провода: 17,7 м;
- габариты ростверка в плане: 18×12,5 м;
- габаритный, ветровой и весовой пролеты: 330 м;
- масса опоры: 2,75 т;
- масса балласта (только для IV ветрового района): 1,25 т.

На первый взгляд, масса опоры может показаться значительной (если учесть еще и массу балласта). На увеличение массы опоры влияют несколько факторов:

- значительные ветровые нагрузки – район по ветру IV со скоростью ветра 36 м/с;

- марка провода – АС 300/39;

- опора выполнена на поверхностных фундаментах и при действующих ветровых нагрузках для обеспечения устойчивости опоры необходимо развивать базу, что повлечет увеличение металлоемкости и необходимость вводить балласт;

- высота опоры назначена исходя из условия замены одной стационарной типовой опоры 110 кВ на одну ОАР. Для обеспечения габарита от проводов до земли, высота подвески провода на ОАР должна быть равна высоте подвески на стационарной опоре.

Ликвидации чрезвычайных ситуаций в паводковый период. Работа энергетиков не останавливается ни на минуту и все для того, чтобы обеспечить потребителей качественным и надежным электроснабжением. К наступлению паводкового периода энергетические службы готовятся заранее, подготавливая план технических мероприятий. Но никогда не известно, как поведет себя река при обильном таянии снега в Уральских горах, сколько выпадет осадков в летние месяцы. События последних лет подтверждают это.

Анализ ликвидации аварийных ситуаций ПО «КЭС» показал, что для возведения упавшей опоры, устранения обрыва на ВЛ 35-110 кВ уходит много времени, в некоторых случаях восстановительные работы откладываются до момента улучшения погодных условий, снижения уровня рек. Использование быстровозводимой опоры в аварийных, чрезвычайных ситуациях позволяет сократить время ликвидации (табл. 2), при этом используются ручные инструменты: пила электрическая, гайковерт электрический, ключи, нивелир, лебедка, домкрат, вибропогружатель, генератор, ломы монтажные, предохранительные пояса, кувалды и зубила монтажные.

Использование временных быстровозводимых и демонтируемых опор позволяет сократить время аварийно-восстановительных работ, снизить недоотпуск электроэнергии, малыми трудовыми затратами восстановить надежное и безопасное электроснабжение потребителей, позволить создавать временные ВЛ для подключения мобильных ПС, осуществить временное технологическое присоединение потребителей. Ресурс временной опоры позволяет использовать ее в качестве основной на протяжении всего срока службы опоры. После ремонта и установки основной опоры, быстровозводимая опора демонтируется и возвращается на место хранения в аварийный резерв.

Таблица 2. Отключения ВЛ 35-110 кВ в чрезвычайных ситуациях

Место и причина отключения	Дата аварии	Дата ликвидации	Время простоя
Мраково-Кугарчи. В пролете опор № 37-39 обнаружен обрыв проводов из-за подмыва опоры. Падение опоры № 38 произошло из-за разлива реки Ик, подъезд к опорам отсутствует	Действием РЗА отключилась ВЛ –110 кВ 08.05.1998 г. в 16:27	Повреждение устранили и ВЛ введена в работу по нормальной схеме 13.05.1998г.	5 дней
Мраково-Исимово. В пролете опор № 94-96 обнаружен обрыв проводов из-за подмыва опоры. Падение опоры № 95 произошло из-за разлива реки Ик, подъезд к опорам отсутствует	Действием РЗА отключилась ВЛ –35 кВ 04.05.2007 г. в 12:10	Повреждение устранили и ВЛ введена в работу по нормальной схеме 12.05.2007 г.	9 дней
Саракташ-Абзаново. В пролете опор № 56-57 обнаружен обрыв проводов из-за падения дерева (дерево за пределами охранной зоны ВЛ h ~ 35-40 м.). Падение произошло из-за разлива реки Саракташ, подъезд к опорам 55,56,57 отсутствует.	Действием РЗА отключилась ВЛ – 35 кВ 25.04.2014 г. в 14:51	Повреждение устранили и ВЛ введена в работу по нормальной схеме 27.04.14 г.	3 дня

Приобретение ПО «КЭС» быстровозводимой опоры позволит в случае возникновения аварийных, чрезвычайных ситуаций сократить время, затрачиваемое на восстановительные работы, быстро ликвидировать обрывы воздушных линий и восстановить надёжное электроснабжение потребителей. В перспективе быстровозводимые опоры должны стать частью аварийного запаса каждого филиала ООО «Башкирэнерго».

Список литературы

1. Правила устройства электроустановок [Текст]: Разд. 4. Распределительные устройства и подстанции. Гл. 4.1. Распределительные устройства напряжением до 1 кВ переменного тока и до 1,5 кВ постоянного тока.

Гл. 4.2. Распределительные устройства и подстанции напряжением выше 1кВ / М-во энергетики Рос. Федерации. - Введ. 01.11.03. - 9-е изд. - М.: ЭНАС, 2009. - 104 с - ISBN 5-93196-376-6.

2. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации [Электронный ресурс] / Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2011. - 174с.

3. <http://www.vladimirenergo.ru/news/news.php?idn=1754&fl=1>

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕПЛОЭНЕРГТИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗМОЖНОСТЕЙ 3D МОДЕЛИРОВАНИЯ

**Ануфриенко О. С., канд. техн. наук, доцент,
Долинин Д.В.**

Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ОГУ

Автоматизированное проектирование инженерных систем и коммуникаций востребовано и широко используется в настоящее время как проектными, так и обучающими организациями.

С этой целью широко используются программные комплексы Herz, Danfoss, BITZER [1,2,3]. Многие авторские программные средства сфокусированы на расчетной части, используя систему в плоской системе координат.

Однако, при создании принципиальных или аксонометрической схем, проектировщикам приходится уделять внимание созданию трехмерных моделей теплотехнического объекта, и они сталкиваются с определёнными трудностями.

Основная проблема лежит в плоскости отсутствия согласованных решений базы расчётных элементов с геометрией в 3D.

Так, например, до сих пор проектирование систем отопления согласование с архитектурными проектами происходит на этапе, когда изменить что-либо в конструкции и архитектуре здания уже нельзя, а это исключает оригинальные энергосберегающие решения.

Аналогично, при проектировании тепломассообменного оборудования аэрогазодинамические и тепловые расчёты производятся отдельно, каждая по своим алгоритмам и моделям, каждая из которых в этом случае может предложить свою геометрию проектируемого объекта.

Налицо общая проблема проектных исследований: – в используемых моделях нет системы согласованных решений с конструкторскими в 3D.

Отсутствие узла согласования в поиске оптимальных пространственных соотношений может быть найдено в возможностях 3D моделирования.

Подобные подходы реализованы в области машиностроения, когда расчёты по надёжности и выбору материала увязываются с пространственными моделями машин.

Мы представляем небольшую исследовательскую работу по использованию возможностей 3D моделирования в теплотехническом проектировании на примере создания собственных элементов.

В предлагаемом нами исследовательском проекте мы раскрываем пошаговое руководство по созданию 3D элементов в сфере теплоэнергетики, их слияние в общую группу с последующим внедрением в существующую проектную и объектную базу.

Рассмотрим решение поставленной задачи на примере конструирования простого и сложного трубопровода для теплоэнергетической системы,

конечный результат которой приведён на рисунке 1.

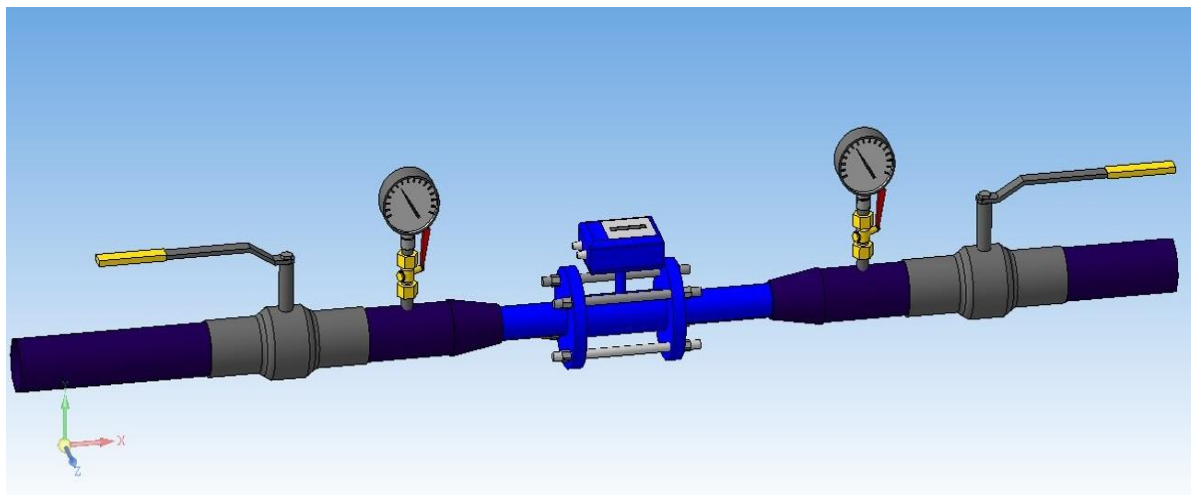


Рисунок 1 – Модель установки прибора учета, манометров и запорной арматуры на трубопровод

Метод создания 3D элементов заключается в следующих этапах:

- создания элементной базы проекта (в нашем случае это арматура, приборы теплового учёта, переходники, приборы измерения давления) в 3D образах;
- подборе оборудования, арматуры, элементов трубопроводов и т.д. для дальнейшего создания трехмерной модели;
- нахождении в технических паспортах и руководствах общих габаритных размеров и информации [4,5,6];
- создании трехмерной модели элемента, используя примитивные фигуры в качестве основания 3D тела, с последующим применением операций по 3D моделированию, как показано на рисунке 2;

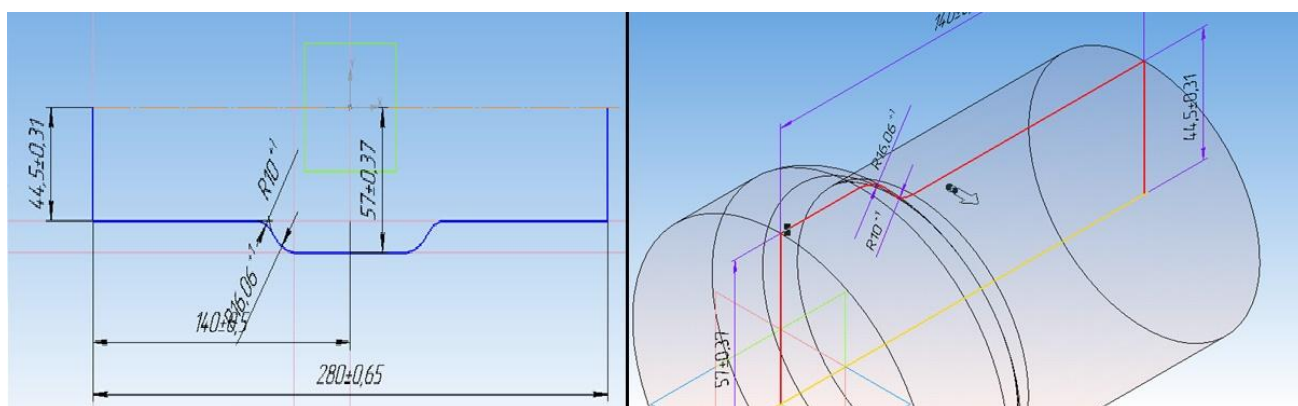


Рисунок 2 – Создание контура корпуса крана из простейших геометрических фигур и применение к нему операции «Вращение»

– создании точек привязок, присвоении атрибутов этим точкам, изменении цветовой гаммы элемента как показано на рисунке 3;

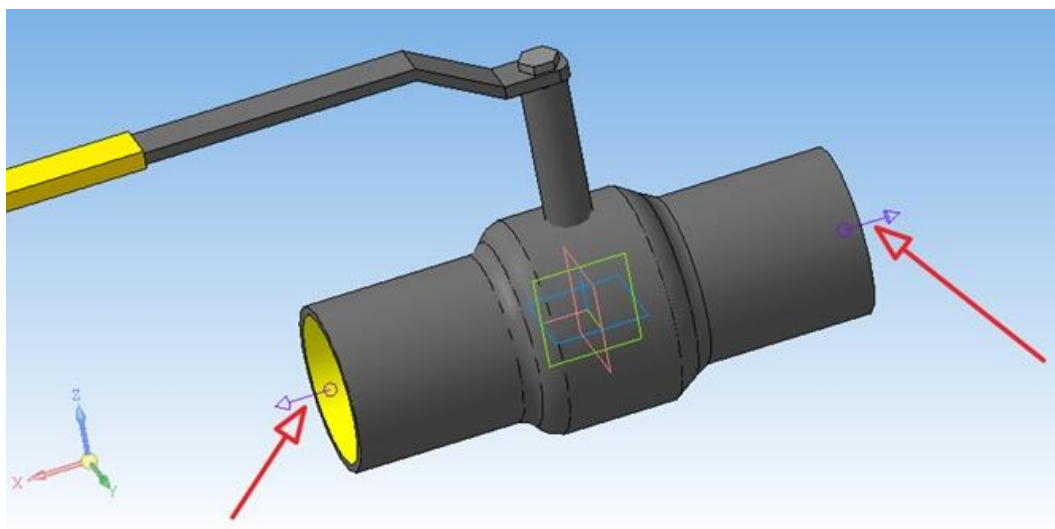


Рисунок 3 – Присвоение точек привязок к 3D модели

– внедрении созданных 3D элементов в имеющуюся библиотеку программы КОМПАС 3D [7], создании схемы с данными элементами и преобразовании ее в объект 3D как показано на рисунке 4;

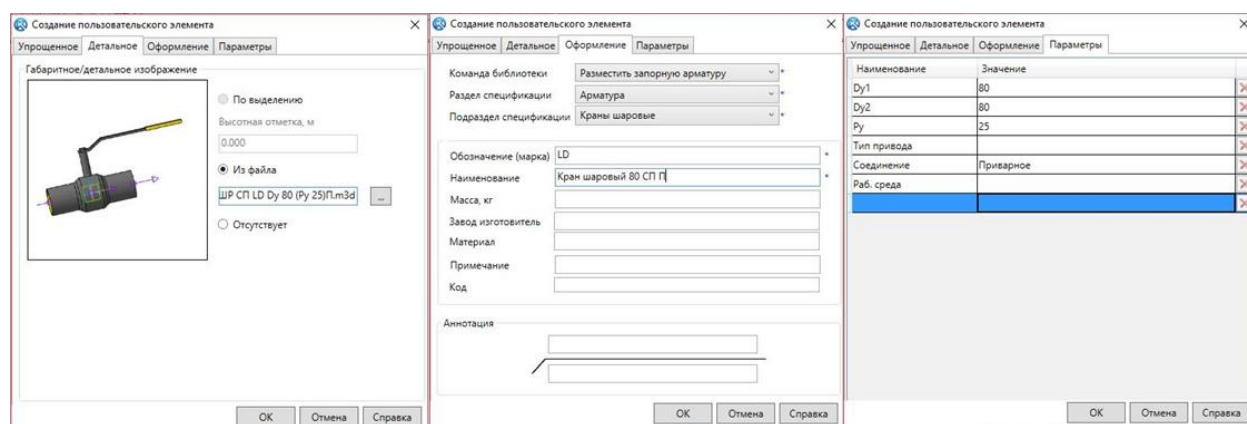


Рисунок 4 – Внедрение созданного 3D элемента в существующую библиотеку элементов «Отопление и вентиляция»

Данный метод моделирования оборудования, трубопроводов и их элементов, арматуры, приборов отопления и т.д. существенно ускоряет слаженность работ между отделом ПТО (отделом проектирования) и отделом монтажных работ, хотя так же требует точного расчета размеров и привязок помещения, конструкций или сооружения, а также габаритные размеры оборудования, приборов. Иными словами, создание трехмерной модели инженерных систем и коммуникаций, позволяет объединить и привязать к друг другу системы архитектурных сооружений и системы теплоэнергетики.

К достоинствам данного метода можно отнести:

- создание наглядной картины привязки различных систем теплоэнергетики к объектам конструкций, сооружений;
- возможность увеличения спроса клиентов за счет создания рекламы, применяя в качестве основы, 3D модель участка реконструкции системы;
- возможность проведения обучения, создавая наглядные модели технических процессов, работы;

Но в данном виде работ по проектированию и моделированию инженерных систем и коммуникаций, невозможно без недостатков, возможно из-за которых, данная тематика не имеет такого широкого направления, к ним можно отнести:

- трудоемкий и требующий больше времени, чем создание принципиальной схемы, процесс;
- необходимость знания навыков владения программы по созданию 3D элементов;
- низкая коммуникативность;
- при создании трехмерной модели систем, необходимо учитывать все особенности (привязка к конструкциям и сооружениям, влияние иных факторов);

Создание групп 3D элементов актуально в сфере строительства и проектирования котлов, газотурбинных установок, атомной энергетики.

Результатом проделанной работы является презентация и данная статья. Работа в данном направлении ведется до сих пор.

Электронный образовательный ресурс предназначен для практических и лабораторных работ и организации самостоятельной работы студентов направления подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника профиль Энергообеспечение предприятий по дисциплине Автоматизация конструкторско-технологического проектирования.

Электронный образовательный ресурс составлен в соответствии с рабочей программой дисциплины и может быть использовано в ходе изучения студентами данного курса. В презентации использованы текст, рисунки, схемы, фотографии, тем самым обеспечивается реализация принципа наглядности и доступности изложения материала.

Данный ресурс может использоваться также в процессе чтения лекций слушателям курсов повышения квалификации.

Разработанный электронный ресурс включает 121 файл, каждый из которых является электронным сопровождением одним из следующих разделов:

1. Введение (слайды 3-5).
2. Общая информация о 3D объекте (слайды 6-10).
3. Руководство по созданию трехмерной модели запорной арматуры (слайды 11-57).
4. Руководство по созданию трехмерной модели манометра (слайды 58-70).
5. Руководство по созданию трехмерной модели электромагнитного расходомера (слайды 71-85).
6. Внедрение созданных моделей в существующую библиотеку (слайды

86-119).

7. Практическое задание по 3D моделированию (слайды 120).

Компьютерная поддержка курса лекций разработана с помощью программы Microsoft PowerPoint программного продукта Microsoft Office. На занятиях необходимо иметь проектор.

Для начала необходимо открыть файл «Возможности 3D моделирования при автоматизированном проектировании теплоэнергетических систем». Образовательный ресурс составлен с использованием гиперссылок, что позволяет переходить на нужную страницу презентации. А затем перейти к показу слайдов, нажав клавишу F5. В результате этого на экране появится первый слайд (рисунок 5).



Рисунок 5 – Титульный слайд

Переходить к следующему слайду можно с помощью клавиши Page Down. Вернуться к предыдущему слайду можно с помощью клавиши Page Up.

Второй слайд содержит оглавление всего электронного образовательного ресурса. Переход от оглавления к каждой лекции осуществляется с помощью гиперссылок (рисунок 6).

СОДЕРЖАНИЕ

<u>Введение</u>	3
1. <u>Теоретическая часть</u>	5
1.1 <u>Общая информация о 3D объекте</u>	6
1.2 <u>Руководство по созданию трехмерной модели запорной арматуры</u>	11
1.3 <u>Руководство по созданию трехмерной модели манометра</u>	58
1.4 <u>Руководство по созданию трехмерной модели электромагнитного расходомера</u>	71
2. <u>Внедрение созданных моделей в существующую библиотеку</u>	86
3. <u>Практическая часть</u>	120
3.1 <u>Практическое задание по 3D моделированию</u>	120
<u>Список использованных источников</u>	121

Рисунок 6 – Гиперссылки в оглавлении образовательного ресурса

После показа последнего слайда, выйти из режима показа слайда можно с помощью клавиши Esc.

Специальных руководств к реализации данного электронного образовательного ресурса не требуется. Каждый студент, имеющий некоторый опыт работы с компьютером, может самостоятельно использовать продукт в учебном процессе при подготовке к дисциплине «Автоматизация конструкторско-технологического проектирования».

Для использования разработанного электронного образовательного ресурса рекомендуются следующие технические средства:

1. персональная ЭВМ типа IBM PC с установленной операционной системой Windows XP Professional;
 2. объем оперативной памяти не менее 512 МБ;
 3. объем свободной памяти на жестком магнитном диске не менее 60 Мб;
 4. клавиатура для управления программой;
 5. монитор;
- манипулятор «мышь».

Список литературы:

1. Danfoss, программное обеспечение/[Электронный ресурс] URL: www.danfoss.com.ru/documentation/soft.php, 2017
2. Herz C.O., программное обеспечение, /[Электронный ресурс] URL: www.herz-armaturen.ru/software/
3. BITZER, программное обеспечение, /[Электронный ресурс] URL:

<https://www.bitzer.de/ru/ru/Техподдержка/Software/Программное-обеспечение/>

4. Кран шаровый LD, технический паспорт, */[Электронный ресурс]*
URL:

https://www.specarmatura.ru/download/chsgs/catalog_ld.pdf

5. Манометр, технический паспорт, */[Электронный ресурс]* URL:

<http://rosma.spb.ru/catalog/manometers>

6. Электромагнитный расходомер ВЗЛЕТ, технический паспорт,
/[Электронный ресурс] URL:

http://vzljet.ru/files/docs/electromagnitn_metod/lite/krp_er_xxxlfm_doc2_0.pdf

7. Руководство по техническому использованию программного обеспечения Kompas 3D V15

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ МЕТОДОВ СНИЖЕНИЯ ТОПЛИВНОГО ПЕРЕЖОГА ЭНЕРГОБЛОКОМ 300 МВт

**Ануфриенко О. С., канд. техн. наук, доцент,
Казиев А.З., Базарбаев А.М.**

Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ОГУ

При работе конденсационной установки ТЭС и ГРЭС необходимо обеспечивать соответствующий технологическому процессу вакуум, что возможно при отсутствии охлаждения конденсата строго в заданном диапазоне температурного напора, отсутствии превышения воздушных присосов в системе по созданию вакуума, нормальном режиме работы циркуляционной системы по режимной карте турбины.

Невозможность поручить системе АСУ поддерживать необходимый вакуум в конденсаторе вызывает поиск решений в методах очистки конденсационной системы.

Условия, приводящие к снижению уровня вакуума, могут быть:

- остановки и внезапные срывы ПНЭ;
- недоподача пара на уплотнение турбины;
- наличие посторонних предметов в соплах основных эжекторов;
- поломка сифона в сливных циркуловодах;
- остановка центрального насоса;
- превышение уровня конденсата в межтрубном пространстве конденсатора;
- недостаточная герметичность в разъемах фланцев и арматуры под вакуумом;
- наличие присосов в фильтрах БОУ;
- трещины в трубопроводах, связанных с вакуумом;
- отложения в трубках конденсатора;

Признаками забивания трубной доски конденсатора являются:

- а) возрастание температуры выхлопа;
 - б) возрастание температуры циркуляционной воды на выходе из конденсатора;
 - в) снижение температурного напора на 0.5-1 °С от исходного;
 - г) возрастания давления в напорных циркуловодах на 100÷300 кПа;
 - д) возрастание тока электродвигателей ЦН (возможен перегруз свыше 110 е
- е проведение ремонтных работ на оборудовании, связанном с вакуумом;

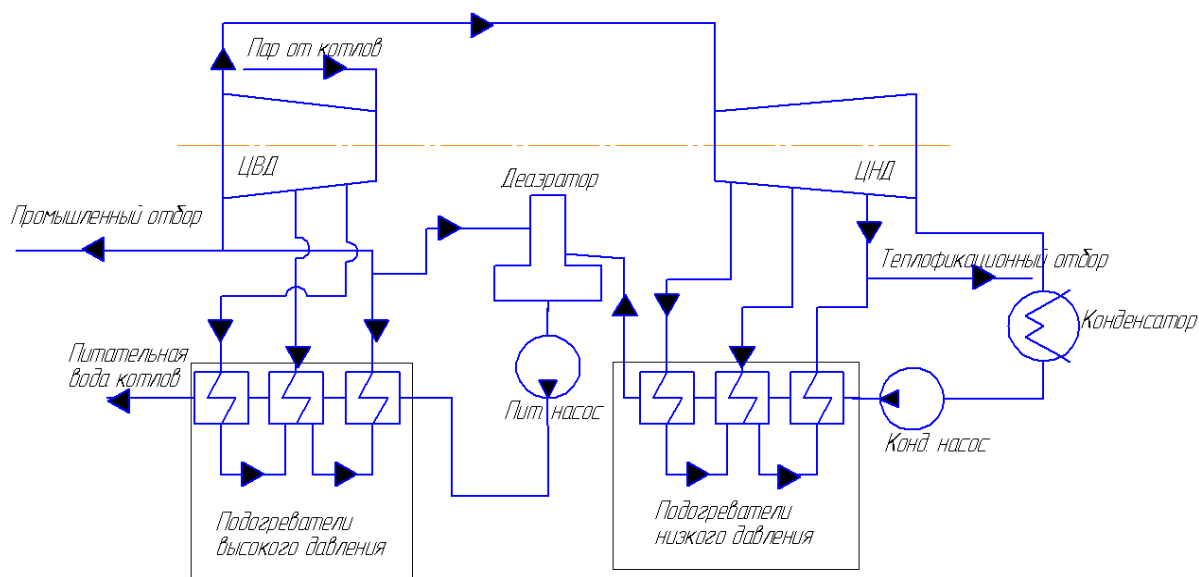
В тепловых схемах ТЭС, ГРЭС, согласно рисунку 1, есть большое количество трубопроводов и аппаратов под разряжением.

Пусковой режим турбины, растопка всех корпусов, переменные тепловые режимы турбин могут привести к трещинам трубопроводах, компенсаторах, спровоцировать присосы в сальники арматуры и фланцы.

При изменении вакуума персоналу следует принять оперативные меры по обнаружению присосов. Машинисты КТЦ должны вести контроль показателей работы конденсатора по температурному напору, нагреву циркуды, определять периодичность чистки конденсатора и сушки трубок воздухом.

Решение вопроса организовано по алгоритму:

- категоризация причин загрязнения трубных досок и трубок конденсатора;
- исследование и внедрение способов очистки;
- систематизация успешных решений.



Р

ису

нок 1 – Принципиальная тепловая схема турбоустановки ПТ-65/75-130/13

Предпроектное исследование относится к конденсационным установкам блочной энергоустановки 300МВт и энергоустановки с поперечными связями на базе Ириклинской ГРЭС и ОТЭЦ-1.

Рассмотрены все взаимосвязи и назначение конденсационных установок. Показано, что нарушение технологического вакуума в конденсаторе приводит к пережогу и снижению КПД энергоустановок независимо от схемы подключения к турбине. В связи с этим, решения по повышению технологичности конденсационных установок является актуальной задачей всех конденсационных ПТУ.

Цель исследования:

- проектирование модернизации конденсационных установок ТЭС с повышением технологичности для ТЭС блочного типа и ТЭС с поперечными связями на базе ИГРЭС и ОТЭЦ-1, ТЭЦ ОАО «Уральская Сталь».

Задачи:

- Демонстрация особенностей проектных расчетов, таких, как поверочный и тепловой в проектах модернизации конденсационных установок. Алгоритмизация расчетных методов;

-Алгоритмизация подходов к анализу причин по снижению технологичности конденсационных установок;

-Проектная модернизация конденсационных установок с эффектом повышения технологичности;

-Автоматизация конденсационных установок. Подбор регулятора температуры для синтеза САР при моделировании конденсационной установки;

-Безопасность жизнедеятельности и охрана труда при эксплуатационных режимах конденсационных установок с повышенной технологичностью;

-Технико-экономический анализ эффективности проектной модернизации конденсационных установок;

Снижение вакуума в конденсаторе на 0,1% приводит к перерасходу 1800т.у.т. в год. В связи с такой практикой, повышение технологичности конденсационной установки демонстрируется при:

- снижении количества остановов турбин:
- снижении уровня (или устранении) пережога в котлоагрегате по причине недостаточной устойчивости требуемого вакуума в конденсаторе;

- совершенствовании технологической схемы конденсационной установки:
- корректности выбора конструктивных характеристик конденсатора в случае локальной модернизации котлоагрегата (впрыск конденсата в зоне пароперегревателя);

- повышении надежности эксплуатационных режимов;
- повышении экономичности ПТУ по причине технологичности конденсационных установок.

На рисунке 2 приведена схема основного конденсата блочной ТЭС-300МВт.

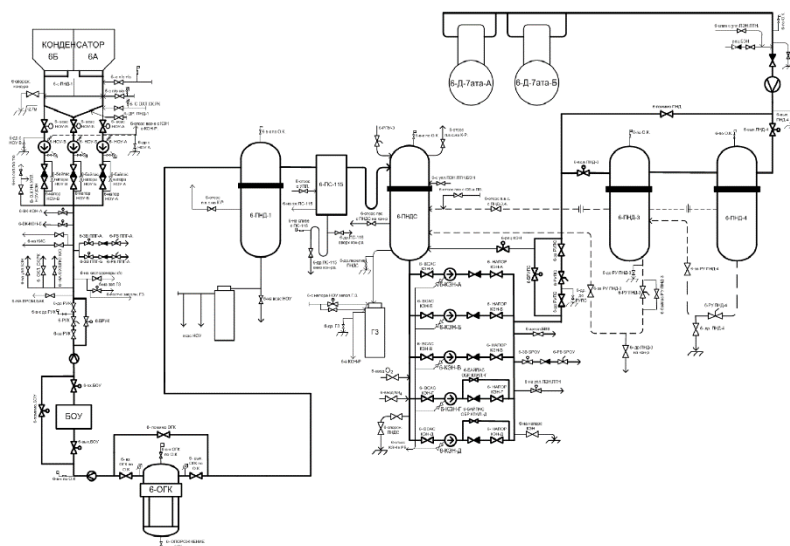


Рисунок 2 – Схема основного конденсата блочной ТЭС-300МВт

Приведём для энергоблока 300 МВт. пример расчёта конденсатора пара уплотнений для конденсационной турбины.

1. Пренебрегаем потерями давления в стопорных и регулирующих клапанах турбины. Исходные данные:

1) Параметры пара высокого давления перед турбиной:

$$p = 68 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}; t = 487^\circ \text{C}; i_{ВД} = 3384 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

2) Параметры пара низкого давления перед турбиной:

$$p = 6,5 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}; t = 210^\circ \text{C}; i_{ВД} = 2871 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

3) Параметры в конденсаторе:

$$p = 0,035 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}; x = 0,92; i_K = 2488 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

4) 4) Температурный график сетевой воды $130/60^\circ \text{C}$.

Для сравнения, приведём по условиям эксплуатации балансы пара и воды для ПГУ-325.

2. Расчет тепловой схемы ведется при электрической мощности генератора $W_g = 110 \text{ МВт}$.

Доля пара высокого давления к стопорным клапанам ЦВД при расчетном режиме:

$$\alpha_{ВД} = 0,8.$$

Доля пара низкого давления при расчетном режиме:

$$\alpha_{НД} = 0,2.$$

Потери пара и воды от утечек:

$$\alpha_{ут} = 0,015.$$

Количество пара уплотнений, направляемого в конденсатор пара уплотнений (КПУ):

$$\alpha_{упл} = 0,005.$$

Расчет конденсатора пара уплотнений для ПГУ производим по схеме рисунка 3

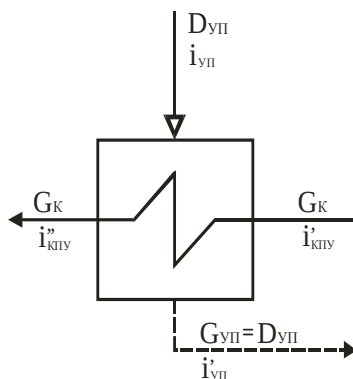


Рисунок 3 – Расчетная схема конденсатора пара уплотнений.

$$D_{уп} = 0,545 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

$i'_{КПН} = i'_K = 1118 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ - энтальпия основного конденсата на входе в КПУ.

Энтальпия пара уплотнений принимается как энтальпия сухого насыщенного пара при давлении $p_{уп} = 0,1 \text{ МПа}$.

Тогда:

$$i_{уп} = 26748 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

Энтальпия конденсата пара уплотнений:

$$i'_{уп} = 417,4 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

Энтальпия конденсата в конденсаторе при $p = 0,0035 \text{ МПа}$:

$$i'_K = 1118 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad (t_K = 26,7^\circ \text{C}).$$

Потери в блочной обессоливающей установке, в тракте от конденсатора турбины до КПУ незначительны, частично компенсируются рециркуляцией основного конденсата после насосов обессоливающей установки (НОУ) и конденсатных насосов (КЭН) и ими можно пренебречь.

Расход конденсата через КПУ при нормальном режиме $G_K, \text{ м}^3/\text{ч}$:

$$G_K = D_K + D_{уп} + D_{подп}, \quad (1)$$

где D_K - расход пара в конденсатор $D_K, \text{ м}^3/\text{ч}$:

$$D_K = \Phi_{ВД} + D_{НД} - \alpha_{НП} \cdot \Phi_{ВД} + D_{НД} - \alpha_{ВП} \cdot \Phi_{ВД} + D_{НД} \quad (2)$$

$$D_K = 109,01 - 0,089 \cdot 109,01 - 0,056 \cdot 109,01 = 91,765 \frac{\text{кг}}{\text{с}} = 330,354 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}.$$

Тогда, расход конденсата через КПУ:

$$G_K = 91,765 + 0,545 + 1,64 = 93,95 \frac{\text{кг}}{\text{с}} = 338,22 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}.$$

Тепловой баланс конденсатора пара уплотнений

$$D_{уп} \cdot (i_{уп} - i'_{уп}) = G_K \cdot (i'_{КПН} - i'_{КПН}) \quad (3)$$

$$0,545 \cdot (26748 - 417,4) = 93,95 \cdot (i'_{КПН} - 1118);$$

$$i'_{КПН} = 124,7 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}. \quad t'_{КПН} \approx 30^\circ \text{C}.$$

3. Расчет узла смешения основного конденсата и конденсата сетевых подогревателей.

Материальный баланс узла смешения определяем по формуле $G_{ГПК}, \text{ м}^3/\text{ч}$:

$$G_{ГПК} = G_K + G_{КПН}; \quad (4)$$

где $G_{CIV} = G_{ВИ} + G_{НИ} = 15,8 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$.

$$G_{ППК} = 93,95 + 15,8 = 109,75 \frac{\text{кг}}{\text{с}} = 3951 \frac{\text{т}}{\text{ч}}.$$

Тепловой баланс узла смешения

$$G_{ППК} \cdot i_K^{ППК} = G_K \cdot i_{КIV}^{II} + G_{CIV} \cdot i_{КНИ}^I; \quad (5)$$

$$109,75 \cdot i_{ППК}^I = 93,95 \cdot 124,7 + 15,8 \cdot 532,7;$$

$$i_K^{ППК} = 183,44 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

$$t_K^{ППК} \approx 47^\circ \text{C}.$$

Произведём оценку погрешности расчета материального баланса воды и пара согласно рисунку 4.

Из теплового баланса ДПВ: $G_{ППК} = 108 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$. Из материального баланса узла смешения: $G_{ППК} = 109,75 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$. Погрешность расчета $\Delta = \frac{109,75 - 108}{109,75} \cdot 100\% = 1,59\%$

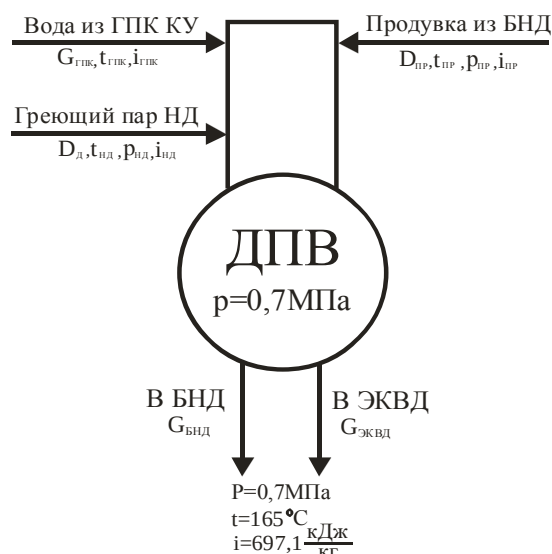


Рисунок 4 – Расчётная схема деаэратора питательной воды

Постановка задачи снижения пережога сводится к поиску путей уменьшения температурного напора, причинами которых является загрязнение трубных досок конденсаторов турбин.

Повышение давления пара в конденсаторах приводит к пережогу топлива. Для определения величины пережога топлива определим значение поправки к мощности и ограничений мощности из-за превышения предельных значений давления пара в конденсаторе, для числа стояния температур атмосферного воздуха в диапазоне температур от 20°C до 25°C (согласно СНиП23-01-99 от 5% обеспеченности до 2%). С помощью графика зависимости естественной

температуры воды от температуры воздуха в интересующем нас диапазоне определяем температуру воды.

Первая опытно-промышленная СШО, смонтированная на 6-м энергоблоке (турбина К-300-240-ЛМЗ), после наладки и испытаний была сдана в эксплуатацию.

Ввод СШО преобразовал обслуживание конденсатора и повлиял на работу блока в целом. Прекратились внеплановые остановки для чистки конденсатора, отпала необходимость в термосушке трубок, выгрузке (иногда десятками ведер) дрейсены, водорослей, мусора из камер конденсатора.

«Первоиспытателем» СШО на Ириклинской ГРЭС был шестой энергоблок. После положительных результатов эксплуатации в ходе капремонта второго энергоблока на одном из энергоблоков установили фильтр предварительной очистки конденсатора.

Таблица 1 – Расчетные значения пережога топлива и ограничений мощности за четыре месяца, когда температура охлаждающей воды превышает 12 °С

Месяц	Средняя температура охлаждающей воды t, °С	Поправка к мощности в час ΔN , МВт ч	Поправка к мощности за месяц ΔN , МВт ч	Пережог топлива, т.у.т./месяц	Ограничение мощности и N, МВт ч	Ограничение мощности N, МВт ч
Июнь	16,2	39	28080	9277,6	0	0
Июль	19,0	56	41664	13765,8	0	0
Август	20,2	60	44640	14749,1	0	0
Сентябрь	17,2	42	30240	9991,3	0	0
Всего			144624	47783,8	0	0

Ириклинские энергетики возлагают большие надежды на данную систему шариковой очистки. Она позволяет содержать трубную часть конденсатора в чистоте. Использование СШО улучшает вакуум в конденсаторе, уменьшает потери тепла, а вследствие этого уменьшается расход топлива.

Опыт эксплуатации СШО решает одну из наиболее важных и актуальных задач энергосбережения на ГРЭС и имеет настолько хорошие результаты, что может быть рекомендован для всех ТЭС.

СШО конденсатора ТГ (турбогенератора) представлена на рисунке 5, из которого видно, что система состоит из двух групп оборудования:

I - оборудование, предназначенное для очистки от мусора всего потока циркуляционной воды;

II - оборудование, предназначенное для очистки трубок конденсатора ТГ.

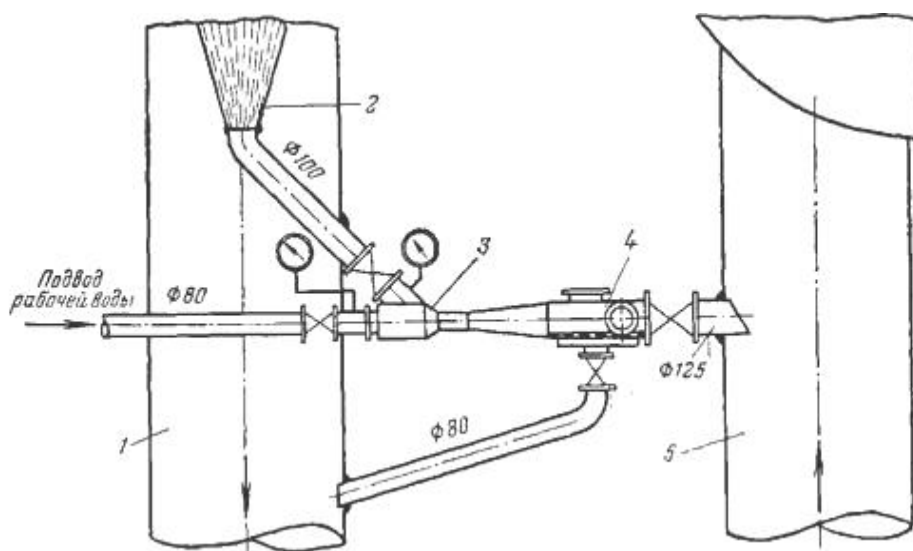


Рисунок 5 – Принципиальная схема установки непрерывной очистки конденсатора

Оборудование первой группы предотвращает попадание взвешенных веществ в контуры циркуляции шариков, обеспечивает надежную работу СШО. Оборудование, входящее в состав шарикоочистки конденсатора турбины, образует два автономных контура циркуляции половин конденсатора А и Б. Пористые резиновые шарики вводятся в напорный водовод и потоком воды увлекаются в конденсаторные трубки. После прохождения через трубки шарики отделяются от потока охлаждающей воды шарикоулавливающим устройством (ШУУ), установленным в сливном водоводе. Из ШУУ насосом возврата шариков (НВШ) через узел ввода шарики подаются в напорный водовод, тем самым замыкая контур циркуляции. Загрузка шариков в контур производится в камеру шлюза загрузки (ШЗ), который служит также для улавливания и выгрузки шариков. Для контроля за циркуляцией шариков предусмотрены смотровые окна.

Список литературы

1. Шипилов С.Г. Совершенствование оборудования системы шариковой очистки конденсаторов паротурбинных установок/С. Г. Шипилов // Теплоэнергетика, 2007, N №4.- С.63-67.
2. Бабкин П. В. Комплексная система очистки/П. В. Бабкин, И. В. Карпенко // Теплоэнергетика, 2010, N № 7.- С.38-41
3. Юренев В.Н. Справочник энергетика: справочник / В. Н. Юренев. – М.:Энергия, 2006. – 430с.

ПРОБЛЕМА УТИЛИЗАЦИИ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОГО ТЕПЛО НА ТЭС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛООБМЕННОГО АППАРАТА КОНТАКТНОГО ТИПА

**Ануфриенко О. С., канд. техн. наук, доцент
Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ОГУ**

Основные потери тепла, выделяемого при сжигании органического топлива в современных котлоагрегатах обусловлены выбросом в атмосферу продуктов сгорания с температурой 100-180 °С. При этих условиях потери тепла с уходящими газами достигают 20% от низшей теплоты сгорания топлива с учетом неиспользуемой энтальпии водяных паров, содержащихся в продуктах сгорания.

По имеющимся оценкам утилизация тепла дымовых газов, несмотря на явную экономическую выгоду, до сих пор не нашла широкого применения в промышленности и, в частности, в котельных промышленных предприятий. Использование обычных поверхностных теплообменников для утилизации тепла дымовых газов в промышленных котельных нецелесообразно по следующим причинам:

- При охлаждении продуктов сгорания происходит сернокислотная коррозия поверхностей нагрева, которая наиболее интенсивно протекает при температуре 95-115 °С, т.е. именно в той области температур, которую имеют уходящие газы.

- Работа поверхностных теплообменников в экономайзерных частях экономически оправдана при значительных температурных напорах (30-40)°С, что ограничивает нагрев теплоносителя температурами около 35-50 °С. Снижение температурного напора до 10-15 °С влечет за собой неоправданное увеличение поверхности теплообмена, а, следовательно, высокие капитальные и эксплуатационные затраты.

- При работе котельных в режимах пониженной нагрузки, например, в летний период, температура уходящих газов падает значительно ниже точки росы, вследствие чего даже отключение теплообменников, утилизирующих тепло, не спасает их от интенсивной коррозии, а сами теплообменники представляют при этом добавочное гидравлическое сопротивление.

- Использование коррозионностойких материалов, которые обычно имеют невысокие коэффициенты теплопроводности, приводит к значительному росту поверхности теплообмена, повышению стоимости теплообменных аппаратов, что делает экономически не эффективным их применение.

Анализ литературных данных показывает, что в ряде случаев более перспективными оказываются контактные или смешивающие теплообменные аппараты. К достоинствам этих теплообменников можно отнести:

- Отсутствие металлических теплообменных поверхностей, что полностью решает проблему сернокислотной коррозии.

- Значительно меньшие экономически оправданные минимальные температурные напоры газ-жидкость, составляющие всего 5-10 °С.

- Повышенный уровень теплопередачи. Например, в некоторых литературных источниках указано, что теплопередача в смешивающих теплообменниках может быть в сто раз выше, чем в случае охлаждения газов в поверхностных теплообменниках.

- Полное исключение гидравлического сопротивления контактных теплообменников из общего сопротивления газового тракта при их отключении в тех случаях, когда температура уходящих газов понижена, и охлаждение газов становится нецелесообразным.

- Уменьшение вредных выбросов в атмосферу.

Как показывают исследования, экономически целесообразно использовать тепло уходящих газов лишь в том случае, если утилизируется теплота парообразования водяных паров, содержащихся в продуктах сгорания. Это требование вытекает из того, что основная доля энтальпии уходящих газов приходится на водяные пары. При температурах уходящих газов 100-160 °С, которая соответствует реальному диапазону температур в котлах типа ТП-170-1, энтальпия продуктов сгорания с учетом теплоты парообразования примерно в 3-3,5 раза выше, чем теплосодержание сухих продуктов сгорания.

Вместе с тем максимальное использование тепла, содержащегося в продуктах сгорания, возможно лишь при охлаждении их ниже температуры точки росы, когда начинается интенсивная конденсация водяных паров. Такая низкая температура уходящих газов накладывает запрет на применение стальных поверхностных теплообменников по условиям сернокислотной коррозии. Использование с этой целью коррозионностойких теплообменников нерентабельно, так как при минимально допустимом температурном напоре для поверхностных теплообменников 30 °С, и температуре уходящих газов 60 °С, предельная температура нагрева воды всего 30 °С. Применение воды с такой температурой весьма ограничено, а, следовательно, и малорентабельно.

Контактные теплообменники сохраняют высокую интенсивность передачи тепла при температурных напорах 5 °С, что позволяет подогреть воду по крайней мере до 50-55 °С. Контактные теплообменники целесообразно использовать для утилизации тепла низкотемпературных дымовых газов, так как они имеют простую конструкцию и в них протекает высокоинтенсивный процесс теплопередачи.

Одним из мероприятий по экономии топливно-энергетических ресурсов на пылеугольной ТЭЦ по увеличению паропроизводительности может быть реконструкция хвостовых поверхностей нагрева. Так как питательная вода перед экономайзером энергетических котлов имеет высокую температуру (при $p = 10$ МПа, например, $t_{пв} = 230$ °С), то глубоко охладить уходящие из котла газы с ее помощью нельзя.

Чтобы продолжить охлаждение газов, после экономайзера можно поставить воздухоподогреватель, где нагревается воздух, забираемый из атмосферы, который идёт затем в топку на горение.

При сжигании твёрдого топлива, например, влажного угля нагретый воздух предварительно используется для его сушки в углеразмольном устройстве. Полученная пыль транспортируется в горелку.

Износ хвостовых поверхностей теплообмена связан с механической эрозией, вызванной наличием в уходящих дымовых газах жестких частиц, а также химической коррозией, обусловленной действием H_2NO_3 и H_2CO_3 .

Применение труб увеличенного диаметра позволит уменьшить аэродинамическое сопротивление воздушного тракта. Правильно выбранный режим теплообмена позволит избежать конденсации водяных паров на из уходящих газов. Применение оребрения позволит увеличить поверхность теплообмена и увеличить температуру подогрева воздуха. Если воздух, нагреваемый в рекуператоре, подают для сжигания топлива в котел, то физическое тепло воздуха вносится в топку, в результате чего уменьшается расход топлива.

Величину экономии топлива в зависимости от его теплоты сгорания и различных температурных условий работы котла и рекуператора можно определить по следующей формуле:

$$P = \frac{V_g (\epsilon'_g - h''_g)}{Q_H^P} \cdot 100\% \quad (1)$$

где P – экономия топлива, % по отношению к расходу топлива при работе котла без подогрева воздуха;

I_1 – энтальпия 1 м^3 дымовых газов в топке (численное значение величины I_1 можно получить путем деления теплоты сгорания топлива на количество дымовых газов, получающихся при сжигании 1 г жидкого топлива или в случае сжигания газа 1 м^3 газа), кДж/м^3 ;

I_2 – энтальпия 1 м^3 дымовых газов по выходе из котла, кДж/м^3 ;

η – отношение энтальпии подогретого воздуха к энтальпии уходящих из котла дымовых газов.

Тогда, применимо к котлу ТП-170-1:

$$P = \frac{9,387 (96 - 43)}{35338} \cdot 100\% = 4\%.$$

Анализ теплового баланса котла ТП-170-1 показывает актуальность поднимаемого вопроса, что большая часть теряемой теплоты уходит с дымовыми газами.

Кроме того, температура уходящих дымовых газов превышает запроектированные значения на 20°C и составляет 150°C .

Для решения данной проблемы предлагается мероприятие по утилизации теплоты уходящих дымовых газов, которому посвящена основная часть исследования.

Таблица 1 – Тепловой баланс котла ТП-170-1 до внедрения мероприятия по использованию низкопотенциального тепла

Характеристика	Обозначение	Единица измерения	Величина
Потеря теплоты с уходящими газами	q_2	%	6,41
Потеря теплоты от химической неполноты сгорания	q_3	%	0,5
Потеря теплоты от наружного охлаждения	q_5	%	0,6
Коэффициент полезного действия котельного агрегата	η	%	92,49
Количество тепла, полезно использованного в котельном агрегате	Q_{KA}	кВт	92878,1
Расход топлива	B	м³/с	2,742
Расход топлива	B	тыс. м³/ч	9,871

Решение вопроса предлагается с помощью контактного теплообменника.

При этом, следует учесть, что существуют три основные причины, которые препятствуют разработке и внедрению контактных теплообменников:

- Низкая, предельная температура нагрева воды, ограниченная температурой мокрого термометра.
- Загрязнение нагреваемой воды веществами, содержащимися в продуктах сгорания.
- Отсутствие необходимых теоретических и экспериментальных данных для теплового и гидравлического расчетов.

Если в поверхностных теплообменниках низкие значения температуры нагрева воды ограничивались по условию коррозионного износа и больших значений температурного напора газ-вода, то верхний предел нагрева в контактных теплообменниках лимитируется температурой мокрого термометра t_m . Температура воды не может быть выше t_m , потому что при достижении жидкостью этой температуры все тепло уходящих газов начинает расходоваться на испарение воды, т.е. увеличивается содержание в газе водяных паров, а его энтальпия практически не меняется.

Вопрос о применении низко потенциального тепла подогретой воды необходимо рассматривать всякий раз конкретно для каждой котельной промышленного предприятия с учетом имеющихся потребителей тепла.

Список литературы

1. Соснин Ю.П. Контактные водонагреватели. – М.:Стройиздат, 1974. –360с. – ISBN 5–237–00904–2.
2. Аронов И.З. Контактный нагрев воды продуктами сгорания природного газа. – Л.:Недра, 1978. – ISBN 5–27–01208–1.

3. Тепловой расчет котельных агрегатов. (Нормативный метод)/Под ред. Н.В. Кузнецова. – М.:Энергия, 1973. –296 с. – ISBN 5–15–10354–2.

4. Термодинамические свойства газов. Под ред. М.П. Вукаловича, –М.: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной и судостроительной литературы, 1953. –375 с. – ISBN 5–48–21967–1.

5. С.Л. Ривкин, А.А. Александров. Теплофизические свойства воды и водяного пара.- Л.:Недра,1980. –424 с. – ISBN 5–21–12684–2.

6. З.Ф. Панюшев, Е.Б. Столпнер. Наладка отопительных котлов, саботающих на газе. -П.:Недра, 1974. –253 с. – ISBN 5–17–00015–2.

ПОРТАТИВНЫЕ ЭКСТРУДЕРЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФИЛАМЕНТА

Безгин А.С., канд. техн. наук, Смирнов С.Ю.,
Греков Э.Л., канд. техн. наук, доцент
Оренбургский государственный университет

Применение 3D печати при разработке узлов и механизмов значительно сокращает общее время разработки. Применение 3D печати при проектной деятельности студентов стало неотъемлемой технологией.

Одним из сдерживающих факторов развития FDM-печати является относительно высокая стоимость расходных материалов. Хотя большинство пластиков вполне по карману обывденному пользователю, разница между сырьем и готовой нитью весьма значительна – зачастую стоимость прутка превышает стоимость гранул аналогичного веса в десятки раз. Таким образом, нет ничего удивительного, что на свет появились портативные, настольные устройства для домашнего производства нити из гранул и пластиковых отходов.

Такие установки позволяют значительно снизить себестоимость печати и, конечно же, улучшить экологию. Далее представлены наиболее известные наработки по лабораторному (домашнему мелкосерийному) производству прутка, включая экструдеры нити и шредеры пластиковых отходов. Устройство изготовления прутка представлено на рисунке 1.

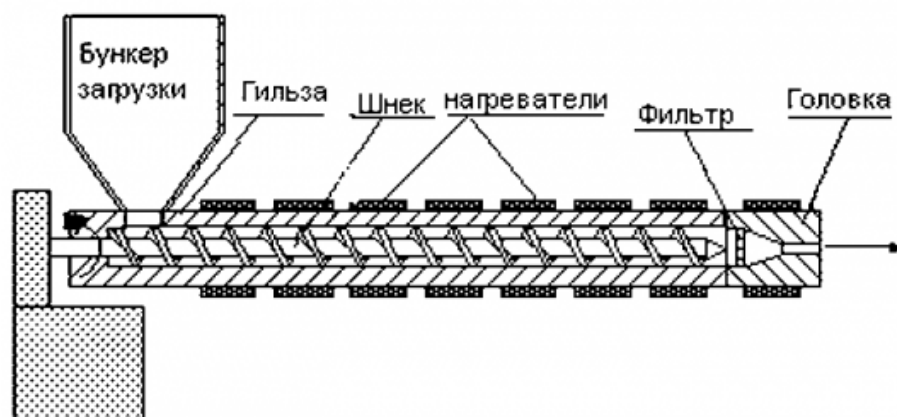


Рисунок 1 – Устройство изготовления прутка

Наиболее известная разработка для мелкосерийного производства прутка Filabot Original, отличается высокой производительностью. Устройство предназначено для работы с ABS, PLA и HIPS.

Гранулированный пластик используется в качестве расходного материала, но есть возможность использования пластиковых отходов, при условии размера частиц, не превышающих 5 мм.

Кроме того, возможно смешивание ABS, PLA и HIPS с углеволокном для получения более прочных и изнсоустойчивых материалов. Для получения

подобного композита требуется лишь смешать пластик с гранулами углеволокна и, если требуется, красителя, а затем загрузить готовую смесь в бункер.

На экструзию одного килограмма прутка уходит около пяти часов. Температурный диапазон при нагревании составляет 40°C-400°C, при котором возможно проводить эксперименты с большим количеством материалов, таким как композиты с древесным наполнителем, электропроводящими добавками и другими материалами. Диаметр прутка может составлять 1,75мм или 3мм в зависимости от насадки. Скорость экструзии составляет 250-750мм в минуту в зависимости от диаметра изготавливаемого прутка.

Скорость вращения шнека составляет 35 оборотов в минуту. Потребляемая мощность устройства достигает 300Вт в зависимости от температуры экструзии. Экструдер оснащен фильтром для удаления загрязняющих частиц непосредственно перед экструзией.

Устройство оснащено прочным металлическим корпусом и имеет достаточно компактные габариты, сравнимые с системным блоком компьютера: 431x178x203мм.

Отпускная цена производителя: \$899. Внешний вид Filabot Original представлен на рисунке 2а.

Filabot Wee - более доступный вариант, мало чем уступающий Filabot Original. Версия оригинального экструдера Filabot, оснащенная деревянным корпусом. Этот вариант используется в качестве бюджетной версии и представлен как в готовом виде, так и комплектом для самостоятельной сборки.

Бюджетная версия немного уступает своему более дорогому аналогу в плане производительности: скорость экструзии варьируется от 125мм до 500мм в минуту. Температура экструзии варьируется от 40°C до 350°C.

Устройство предназначено в первую очередь для производства прутка из HIPS, ABS и PLA, хотя возможно и использование других материалов, подходящих в плане температуры экструзии.

Благодаря использованию гранулированных красителей возможно достижение широкой цветовой гаммы – при применении красителей рекомендуется использование белого ABS-пластика, либо материала с легкими цветовыми оттенками.

Максимальная потребляемая мощность составляет 300Вт. Устройство поставляется со сменными насадками, позволяющими производить прутки двух наиболее популярных диаметров: 1,75мм и 3мм.

Габариты Filabot Wee аналогичны Filabot Original: 431x178x203мм.

Отпускная цена производителя: \$749 за экструдер в собранном виде, либо \$649 за комплект для самостоятельной сборки. Конструкция Filabot Wee показана на рисунке 2б.

Filastruder позволяет производить один килограмм нити за 12 часов работы устройства или от 150мм до 600мм в минуту в зависимости от диаметра сопла, температуры экструзии и используемого материала. Разработчики протестировали экструдер с ABS-пластиком, но допускают возможность

использования PLA, HIPS, нейлона, полиэтилена и других пластиков. Максимальная температура экструзии достигает 225°C.

Экструдер достаточно экономичен – максимальная потребляемая мощность составляет 60Вт при среднем показателе в 50Вт.

Filastruder поставляется с соплами диаметром 1,75 или 3мм.

Отпускная цена экструдера Filastruder составляет \$300 без бункера или \$310 с напечатанным бункером. Внешний вид Filastruder представлен на рисунке 2в.



Рисунок 2 – Портативные экструдеры для производства филамента

OmniDynamics Struder рассчитан на безопасность и удобство эксплуатации. Дизайн экструдера рассчитан на работу с любыми термопластиками, используемыми в 3D-печати, включая ABS, PLA, PET, HDPE, HIPS и т.д. Устройство оснащается полноценным контрольным модулем с цветным LCD-дисплеем. OmniDynamics Struder показан на рисунке 3а.

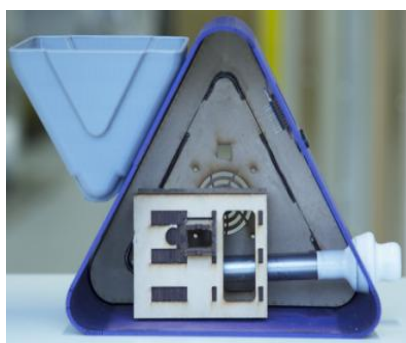
STRUdittle – перспективный экструдер с компактными габаритами и высокой производительностью.

По заявлениям разработчиков, устройство способно вырабатывать до 600мм прутка в минуту. Экструдер рассчитан на работу с ABS-пластиком. Отклонения по диаметру нити не превышают 0,03мм при использовании наматывающего устройства или 0,05мм, если пруткок просто экструдирован на пол. Заказчики могут указать требуемый диаметр сопла: 1,75мм или 3мм.

Стоимость предварительного заказа на Kickstarter составляет \$385 за экструдер в комплекте с наматывающим устройством. Процесс изготовления нити представлен на рисунке 3б.

FilaMaker сочетает функции дробилки и экструдера в одном устройстве. Установка была продемонстрирована на ярмарке Maker Faire Rome в 2013 году и завоевала внимание благодаря высокой функциональности, аккуратному дизайну и высокой производительности.

FilaMaker способен производить до одного метра нити диаметром 3мм в минуту. Отклонение заданного диаметра не превышает 0,05мм. К сожалению, отпускная цена устройства весьма высока, достигая €1 200. Внешний вид устройства изображен на рисунке 7.



а) OmniDynamics Struder



б) STRUdittle



а) FilaMaker

Рисунок 3 - Портативные экструдеры для производства филамента

Расходные материалы для моделирования методом послойного наплавления (FDM/FFF)

Технология FDM/FFF имеет массу преимуществ, среди которых относительная простота конструкции принтеров и ценовая доступность как устройств, так и расходных материалов. Причем, ассортимент материалов является, пожалуй, самым широким среди всех доступных технологий. Как правило, для печати используются термопластики, но есть и исключения – материалы из композитов, в которых содержатся различные добавки, основанные на термопластиках. Далее представлены технические характеристики наиболее широко применяемых материалов.

Таблица 1 - Полилактид (PLA, ПЛА)

Температура плавления	173-178°C
Температура размягчения	50°C
Относительное удлинение при разрыве	3,8%
Прочность на изгиб	55,3 МПа
Прочность на разрыв	57,8 МПа
Модуль упругости при растяжении	3,3 ГПа
Модуль упругости при изгибе	2,3 ГПа
Температура стеклования	60-65°C
Плотность	1,23-1,25 г/см ³
Минимальная толщина стенок	1 мм
Точность печати	± 0,1%
Размер мельчайших деталей	0,3 мм
Усадка при изготовлении изделий	нет
Влагопоглощение	0,5-50%

Таблица 2 - Акрилонитрилбутадиенстирол (ABS, АБС)

Относительное удлинение	6%
Прочность на изгиб	41 МПа
Прочность на разрыв	22 МПа
Модуль упругости при растяжении	1,6 ГПа
Температура стеклования	Около 105°C
Усадка при охлаждении	до 0,8 %
Плотность материала	Около 1,05 г/см ³

На основе этого материала изготавливают антистатический пластик ABS Antistatic. В состав этого филамента включены антистатические вещества, помогающие избавиться от статики, свойственной большинству материалов для 3D-печати. Применяется для создания деталей и корпусов электроники, где статические разряды совершенно неуместны, упаковки для хранения микросхем и других чувствительных компонентов, коврик для точной измерительной аппаратуры и т.д.

Таблица 3 - Поливиниловый спирт (PVA, ПВА)

Плотность	1,25 – 1,36 г/см ³
Температура плавления	190 – 200 °C
Температура застывания	45 – 55 °C
Удельная теплоемкость	0,4 Дж/К
Вязкость	22 – 30 мПа
Степень полимеризации	1680 – 1880

Таблица 4 - Нейлон (Nylon)

Плотность	1,134 г/см ³
Гигроскопичность	3,09%
Прочность на разрыв	65,99 Мпа
Относительное удлинение при разрыве	Свыше 300%
Температура плавления	218°C
Температура стеклования	49,4°C
Температура экструзии	235 – 260 °C
Температура пиролиза	350 – 360 °C

Таблица 5 - Поликарбонат (PC, ПК)

Температура плавления	250-270 °C
Точка плавления	250 °C
Температура экструдера	280-300 °C
Температура платформы	90-120 °C
Скорость печати	30-60мм/с

Температура деформации	138 °С
Удлинение при растяжении	4.8 %
Предел прочности на разрыв	68 МПа
Усадка при охлаждении	0.5-0.7 %
Напряжение при изгибе	104 МПа
Ударная прочность	53 Дж/м

Таблица 6 - Полипропилен (PP, ПП)

Плотность	0,9 – 0,92 г/см
Предел прочности при разрыве	260 – 400 кг/см ²
Относительное удлинение при разрыве	200 – 700 %
Температура плавления	160 – 170 °С
Температура стеклования	-10...-20°С
Усадка материала при охлаждении	до 2,4%.
Температура экструзии	220°С

Таблица 7 - Поликапролактон (PCL)

Температура плавления	60°С
Температура экструзии	200°С
Температура стеклования	60°С

Таблица 8 - Полиэтилентерефталат (PET, ПЭТ)

Плотность	1,33 г/см ³
Относительное удлинение при разрыве	12 – 55 %
Температура плавления	250 – 265 °С
Температура стеклования	70 – 80 °С
Предел прочности при растяжении	172 МПа

Список литературы

1. 3D TODAY. Портативные экструдеры прутка. Режим доступа – электронный - http://3dtoday.ru/wiki/made_filament/#STRUdittle7
2. 3D оборудование и расходный материал. Режим доступа – электронный - <http://filatrade.ru/news/polikarbonat-nadyezhnyy-i-prochnyy/>
3. Plastiinfo. Режим доступа – электронный - <https://plastinfo.ru/information/articles/52>
4. 3D пластики. Режим доступа – электронный - <https://3ddevice.com.ua/blog/3d-printer-obzor/3d-plastiki/>

РЕАЛИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ И ИНДИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА «АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ НАСОСНАЯ СТАНЦИЯ» С ПОМОЩЬЮ СЕНСОРНОЙ ПАНЕЛИ СП307

Безгин А.С., канд. техн. наук, Греков Э.Л., канд. техн. наук, доцент,
Коробов В.О.

Оренбургский государственный университет

Для наглядного отображения значений параметров и оперативного управления, а также ведения архива событий системы управления лабораторным стендом «Автоматизированная насосная станция» [1] была выбрана сенсорная панель СП307-Р (СП), отечественного производителя «ОВЕН».

Конфигурирование СПЗХХ осуществляется в среде «Конфигуратор СП300» [2].

Визуально, программное обеспечение сенсорной панели состоит из четырех видовых экранов:

- 1) выбор режима;
- 2) автоматический режим управления;
- 3) ручной режим управления;
- 4) настройка даты и времени.

На первом экране (рисунок1) изображены 2 кнопки (переход на экран): автоматический режим управления и ручной режим управления. При нажатии на кнопку с объявленным названием происходит переход на интересующий нас экран. В правом углу экрана расположены время и дата, для реализации настройки необходимо нажать на область, в которой расположены время и дата.

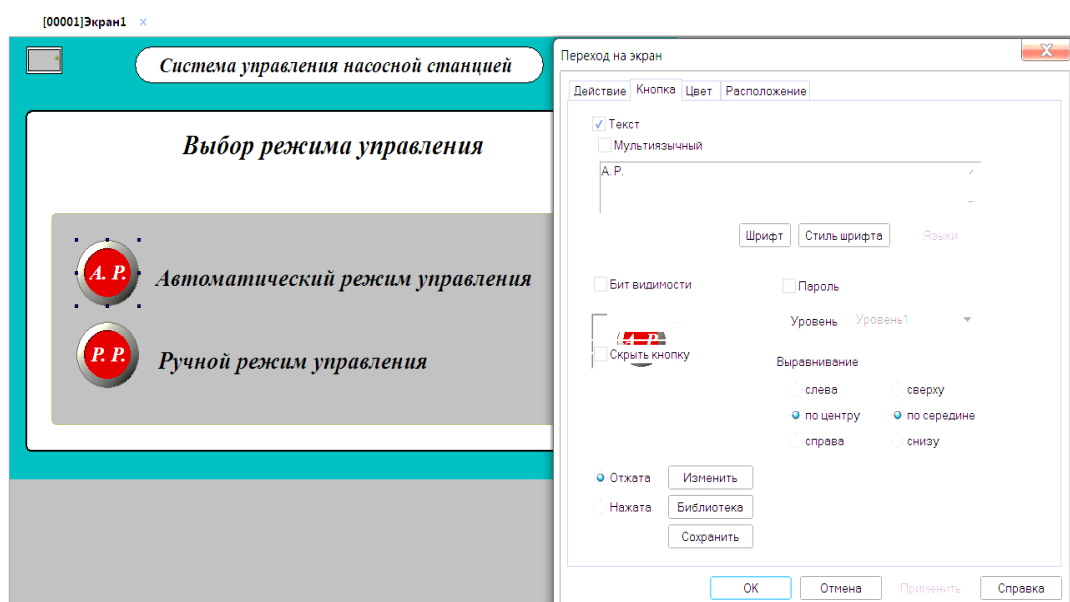


Рисунок 1 – Сенсорная панель “Экран выбора режима”

На экране автоматического режима управления (рисунок 2) расположены: панель управления и панель индикации.

На панели управления расположены: табло ввода данных, предназначенное для задания давления в системе; кнопка пуска насоса 1 и 2, а также кнопка смены режима управления.



Рисунок 2 – Сенсорная панель “Экран автоматического режима управления”

Для управления пуском насосов 1 и 2 необходимо добавить функциональную кнопку и присвоить кнопке значение “1148” а для управления остановом насосов 1 и 2 необходимо добавить функциональную кнопку и присвоить кнопке значение “0” (согласно таблице.3.5 [2]). При нажатии на кнопку заданное значение посылается в регистры частотных преобразователей, которые отвечают за пуск насосов. Экран параметров функциональной кнопок пуска и останова насоса 1 и 2 представлены на рисунке 3.

Для задания давления в системе необходимо добавить табло ввода данных, и выбрать регистр PSW - тип вводимого значения Word. Экран параметров табло для ввода задания по давлению, представлен на рисунке 4 а

На панели индикации расположены 8 дисплеев отображающие: частоту ПЧВ1, частоту ПЧВ2, ток насоса 1, ток насоса 2, давление датчика 1, давление датчика 2, давление датчика 3, уровень датчика 4.

Для отображения вышеперечисленных параметров, необходимо для каждого создать цифровой дисплей и настроить по приведенному примеру на рисунке 4б.

На экране ручного режима управления расположены 8 дисплеев отображающие: частоту ПЧВ1, частоту ПЧВ2, ток насоса 1, ток насоса 2, давление датчика 1, давление датчика 2, давление датчика 3, уровень датчика 4, а также кнопка для смены режима управления. Для отображения вышеперечисленных параметров, необходимо скопировать и вставить дисплеи, созданные в предыдущем экране.

Экран ручного режима управления представлен на рисунке 5

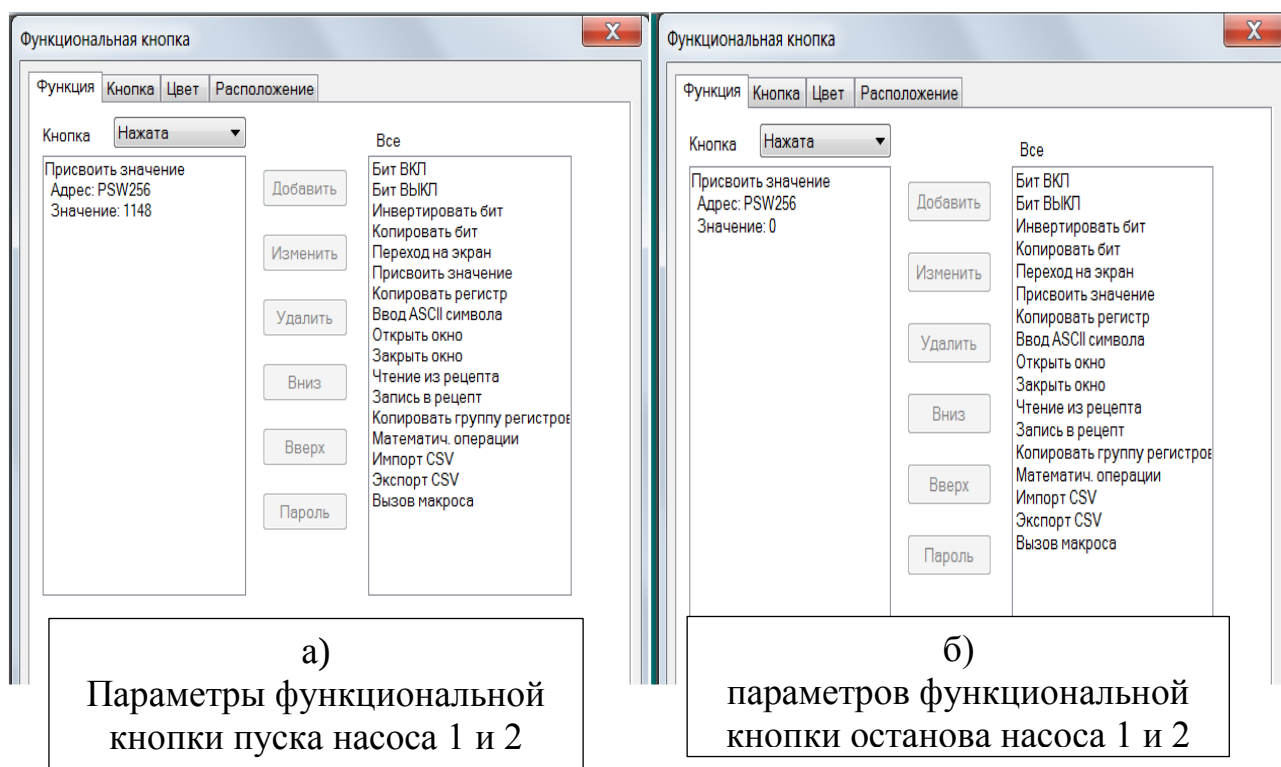


Рисунок 3 – Параметры функциональной кнопок

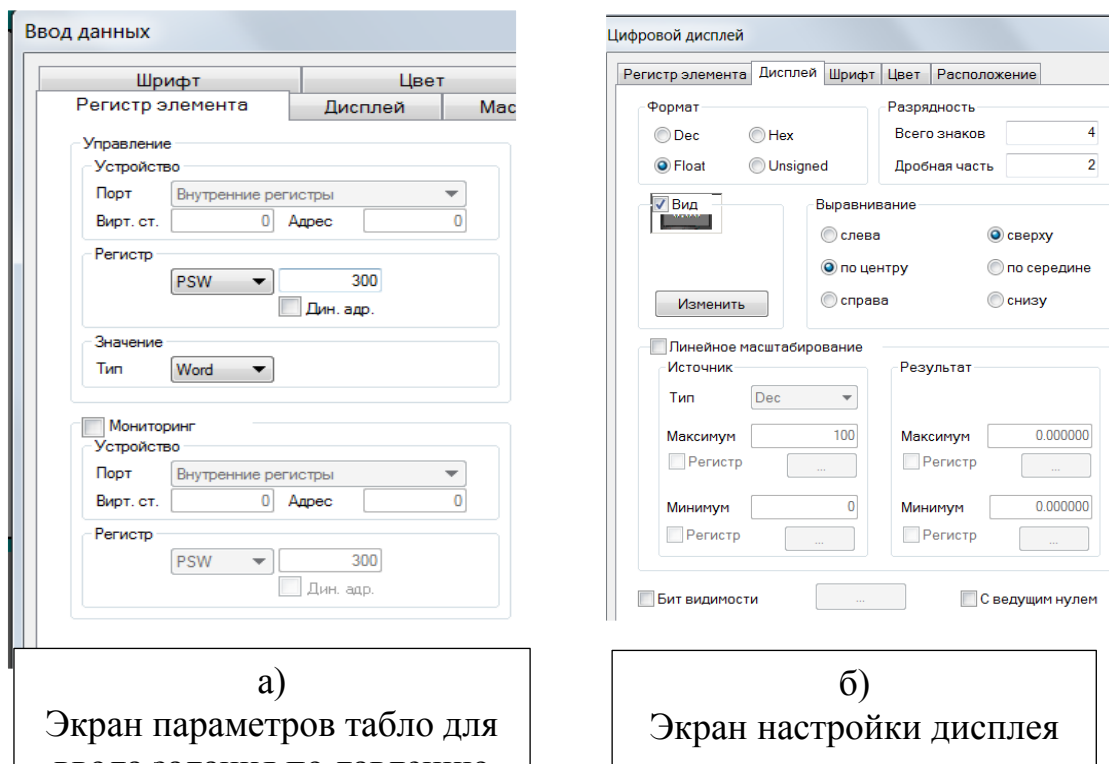


Рисунок 4 – Экран параметров табло



Рисунок 5 – Экран ручного режима управления

Программное обеспечение для системы управления реализовано в среде CODESYS на языке функциональных блокковых диаграмм (FBD).

Функциональный блок (рисунок 6) реализует закон ПИД регулирования, где Y_OFFSET - стационарное значение, KP - коэффициент передачи, TN - постоянная интегрирования, TV - постоянная дифференцирования (ms), $e(t)$ - сигнал ошибки ($SET_POINT - ACTUAL$).

На вход $ACTUAL$ посылаются показания датчика $P3$. На вход SET_POINT посылается задание давления, необходимое в технологическом процессе.

На выходе мы имеем значение (0 - 10) в формате $REAL$, которое распределяется на два ПЧВ. Когда значение на выходе, умноженное на 3270, меньше числа 16350, то работает один насос, а когда больше числа 16350, то в работу вступает резервный второй насос.

Блок (см. рисунок 7 а), вычитается значение 16350 из значения " $Y1$ ". После значение " $N2$ " переводится в формат $WORD$ и посылается в регистры задания частоты второго ПЧВ.

В блоке (см. рисунок 7 б), осуществляется посылка команды в регистры ПЧВ1 и ПЧВ2. В переменную " $cwinput$ ", для команды "пуск" посылается значение "1148", а для команды "стоп" посылается значение "0". При посылке команды "стоп" происходит сброс регулятора, для корректной работы системы при последующем включении.

В переменную " $winput$ " записывается значение заданного значения (давления), после переводится в формат $REAL$, и посылается на ПИД регулятор

Данный блок используется для контроля значений, выдаваемые датчиками давления и уровня, для корректной работы системы (для исключения отрицательных значений; см. рисунок 8а. Блок (см. рисунок 8б) осуществляет пересылку показаний датчиков давления и уровня в сенсорную панель

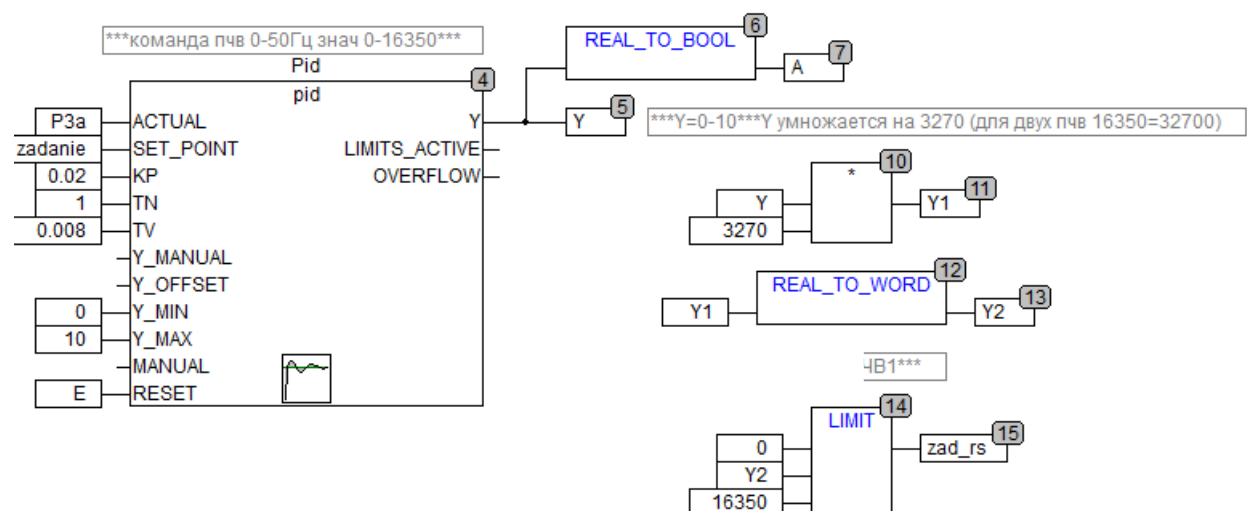


Рисунок 6 – Функциональный блок, реализующий закон ПИД регулирования

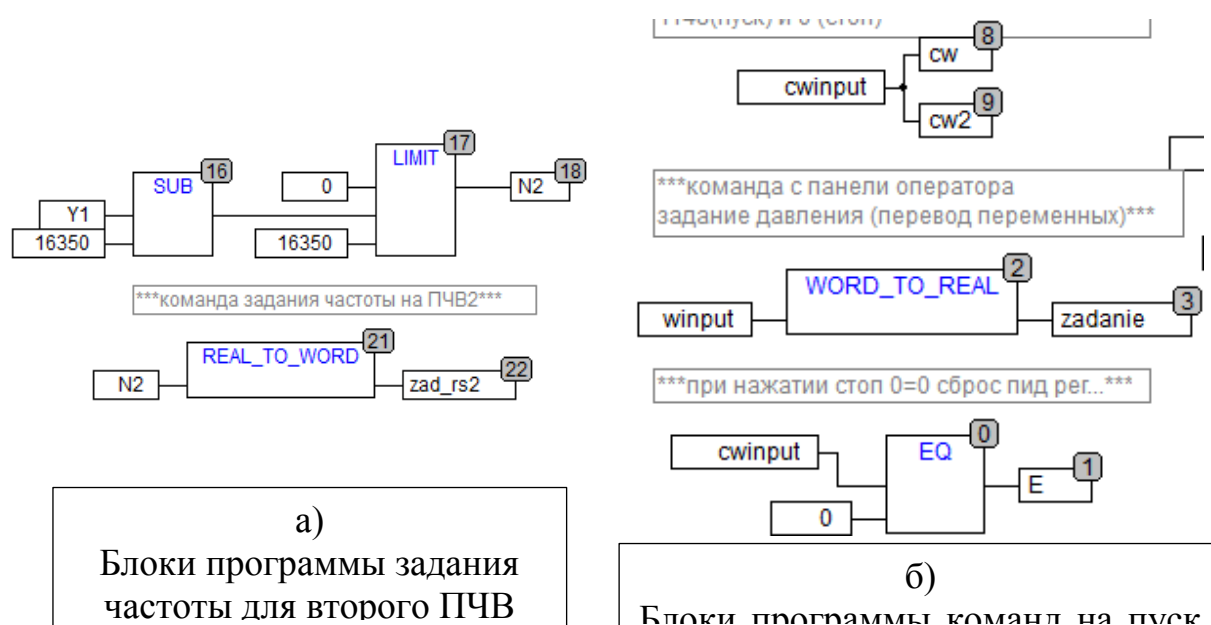
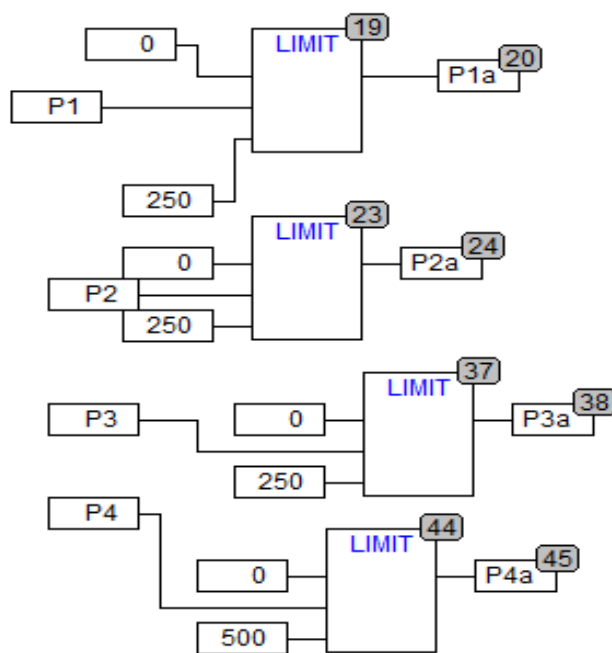


Рисунок 7 – Блоки программы

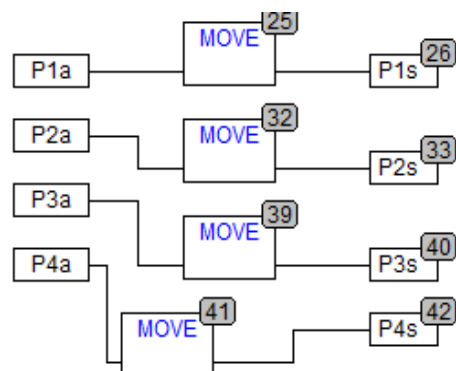
Блок (рисунок 9а) осуществляет передачу значений: частота на выходе ПЧВ1 и ПЧВ2, токи двигателей насоса1 и насоса2 записываемые в индикаторы СМИ2.

Блок (рисунок 9б) включает в себя сравнение значений датчика давления РЗ и значение заданного давления, когда значение РЗ больше заданного значения, то загорается индикатор РЗmax, сигнализирующий о превышении заданного давления.

Блок (рисунок 9в) осуществляет посылку сигнала с кнопки SB3, через модуль ввода, после сигнал посылается на ПЛК, далее поступает на модуль вывода и в итоге срабатывает электромагнитный клапан

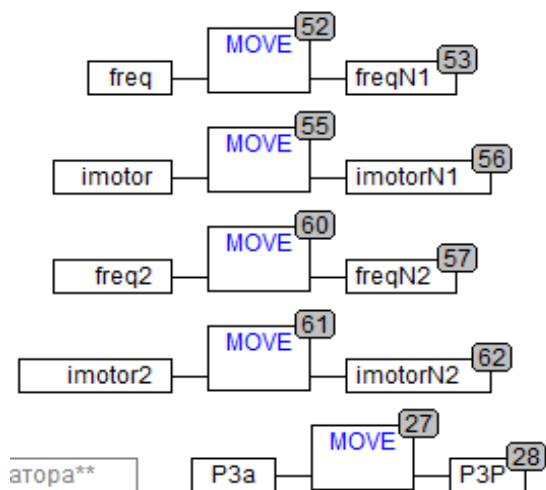


а)
Блоки контроля значений,
выдаваемые датчиками
давления и уровня

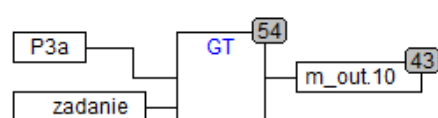


б)
Блоки пересылки показаний
датчиков в сенсорную панель

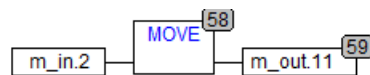
Рисунок 8 – Блоки контроля значений, выдаваемых датчиками давления и уровня и пересылки показаний датчиков в сенсорную панель



а)
Блок для записи значений в
индикаторы СМІ2



б)
Блок для осуществления
работы индикатора P3max



в)
Блок для осуществления работы
электромагнитного клапана

Рисунок 9 – Блоки для осуществления работы индикаторов

Данный блок осуществляет посылку параметров из ПЧВ в сенсорную панель, таких как: частота на выходе ПЧВ1 и ПЧВ2, а также токи двигателей насоса 1 и насоса 2 (см. рисунок 10).

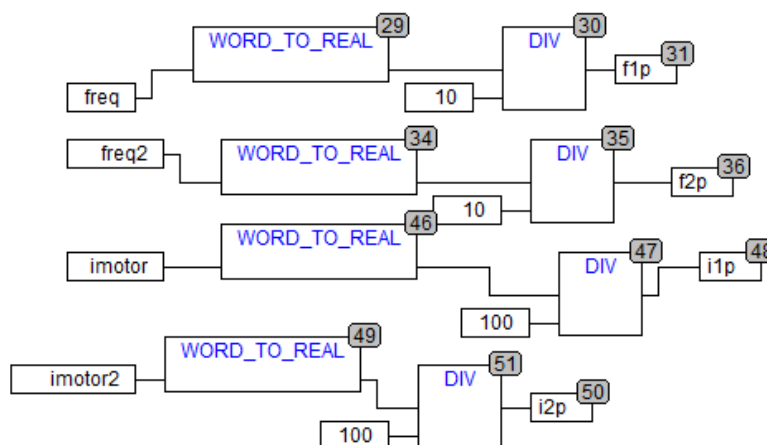


Рисунок 10 – Параметры ПЧВ для записи в сенсорную панель

Список литературы

1 Лабораторный стенд "Автоматизированная насосная станция" [Электронный ресурс] / Бессонов В. Г., Безгин А. С., Жумабаева Р. А. // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : материалы Всерос. науч.-метод. конф., 31 янв.-2 февр. 2018 г., Оренбург / М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Электрон. дан. - Оренбург : ОГУ, 2018. - . - С. 2881-2885. . - 5 с.

2 Технические характеристики панели оператора СП300. – Режим доступа: http://www.owen.ru/catalog/sensornie_paneli_operatora_oven_sp3xx. – 20.05.18

ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ НА БАЗЕ ОРСКОГО ГУМАНИТАРНО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА (ФИЛИАЛ) ОГУ

Белянцева Н.В.

Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ОГУ

В современной электроэнергетической отрасли необходимы специалисты с высоким качеством образования и квалификации, обладающие множеством профессиональных компетенций, умеющие найти необходимую информацию и способные быстро и четко решать сложные производственные задачи в постоянно меняющихся условиях производства. Вопросы энергосбережения занимают все более значимые позиции в отрасли электроэнергетики.

Основой энергосбережения на предприятии является создание системы энергетического менеджмента - системы управления энергоресурсами. Энергетический менеджмент - это постоянно действующая на предприятии система управления энергопотреблением, позволяющая прогнозировать и контролировать процессы выработки, транспортировки и использования необходимого количества энергоресурсов для обеспечения хозяйственной деятельности предприятия. Поэтому, при обучении студентов по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (профиль Электроснабжение) все больше внимания уделяется вопросам энергосбережения.

Уже на первом курсе, в соответствии с учебным планом, студенты изучают такие дисциплины, как «Введение в специальность» и «Основы электроэнергетики». Цель этих курсов - сформировать представление о будущей специальности, о ее месте в науке и технике, а также понимание связи фундаментальных физических законов электричества с принципами действия электроэнергетического оборудования и строением электроэнергетических систем, фундаментальных физических законов применительно к потребностям энергетики и электротехники. Часть часов этих курсов посвящена источникам электроэнергии, поэтому, наряду с классическими источниками (ГЭС, ТЭС и АЭС) обязательно идет разговор об альтернативных источниках энергии (солнечных, ветровых, приливных и даже термоядерных электростанциях). В рамках этих, фактически ознакомительных курсов, студентам предлагается выполнение самостоятельных исследовательских работ, с возможным участием в конференциях, подготовка докладов, презентаций. Таким образом, на начальном этапе обучения, проводится активное погружение студентов в сферу электроэнергетики, первые знания в области энергосбережения учащиеся получают именно здесь.

Второй год обучения посвящается изучению дисциплин, из которых впоследствии сложится качественное понимание электроэнергетических процессов. Здесь, помимо профессиональных вопросов, особое место занимает дисциплина «Экономическая теория». Ведь энергетический менеджмент невозможно представить без знания понятий экономики, без умения решать

задачи экономики. Забегая вперед, хочется отметить, что, хотя из выпускных квалификационных работ убрали раздел, посвященный экономике, преподаватели кафедры Электроэнергетики и теплоэнергетики, стараются уделить при подготовке ВКР внимание этому вопросу. Особенно это важно при рассмотрении процессов энергосбережения.

На третьем курсе студенты, в большинстве своем, уже понимают зачем они пришли обучаться по этому направлению, к чему им следует стремиться. И в учебном плане появляется все больше дисциплин профессиональной направленности. Полученные разрозненные знания обобщаются, все приводится в единую систему понимания. Здесь, кроме технических дисциплин, особое внимание уделяется дисциплине «Экономика и организация энергетического производства», задачами которой являются получение представления о роли электроэнергетики в развитии экономики России и о проблемах, связанных с интеграцией электроэнергетики в рыночную экономику; приобретаются знания о методах регулирования нагрузки потребителей, формирования затрат на энергию, построения тарифов на энергию и топливо, расчета показателей деятельности предприятия; происходит овладение методологией технико-экономического обоснования принимаемых решений. Вопросы энергосбережения активно обсуждаются при изучении дисциплины «Анализ и управление электропотреблением», где исследуются характеристики режимов электропотребления и основные математико-статистических методы нормирования и прогнозирования электропотребления, оценивается эффективность, изучаются методы оптимизации режимов, системы технического и коммерческого учета и опыт внедрения таких систем в России и за рубежом. Таким образом, формируются знания и умения в области основных направлений энергосберегающих технологий. Итогом работы изучения этой дисциплины является конкурс презентаций по актуальным темам энергосбережения. Причем это могут быть вопросы, касающиеся не только энергосбережения в промышленности, но и в быту, аграрном комплексе и т.д.

В заключительный, четвертый год обучения, в ФГОС ВО для направления 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника появилась дисциплина «Энергосбережение и учет энергопотребления». Изучается она в восьмом семестре и дает возможность сформировать системное представление о методах проведения работ по рациональному использованию энергетических ресурсов на объектах электрохозяйства предприятий, организаций и учреждений. Здесь становится возможным обучить студентов основным показателям энергопотребления, методике обследования промышленных объектов с целью выявления ресурсов энергосбережения, организационно - техническим мероприятиям и техническим средствам реализации энергосбережения, оценке экономической эффективности энергосберегающих мероприятий.

Студенты направления 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (профиль Электроснабжение) Орского гуманитарно-технологического института (филиал) ОГУ являются активными участниками конференций как местного, так и регионального и государственного уровня. Причем это студенты не только

очно, но и заочного отделений. Студенты-заочники имеют богатый профессиональный опыт реализации потенциала энергосбережения и повышения энергетической эффективности с учетом специфики деятельности тех организаций и учреждений, где они работают, которым всегда готовы поделиться. Так, например, 23 марта 2018 кафедрой Электроэнергетики и теплоэнергетики была проведена Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Современные технологии в электроэнергетике и теплоэнергетике», в которой студенты – электро- и теплоэнергетики приняли самое активное участие. По итогам 2018 года выпускник кафедры ЭТ Давлетов Б. Б. вошел в состав Золотой молодежи Оренбуржья-2018 в номинации «Молодые ученые, инноваторы», в чем огромная заслуга преподавателей кафедры Электроэнергетики и теплоэнергетики ОГТИ.

Список литературы

1. <http://og-ti.ru/obrazovanie/svedenija-ob-obrazovatelnyh-programmah>
2. <http://orsk-adm.ru/?q=content/50538>

ПРОБЛЕМЫ ТРУДОУСТРОЙСТВА ВЫПУСКНИКОВ НАПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ 13.03.02 «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА»

Белянцева Н.В., Замулкин Э.О.

Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ОГУ

Рыночные отношения в России характеризуются достаточно большим дефицитом рабочих мест, что приводит к росту безработицы. Исходя из этого, важно проанализировать воздействие безработицы на отдельные группы населения. Трудоустройство выпускников является одной из важнейших проблем современного общества, так как она отражает качество образования, эффективность функционирования системы образования и расходования средств бюджета. Напряженность на внутреннем рынке труда усугубляется отсутствием механизма трудоустройства выпускников после окончания ВУЗа и завышенными ожиданиями студентов о размере будущей заработной платы.

При социально-экономической трансформации современного российского общества, выпускники высших учебных заведений, к сожалению, часто остаются без внимания на рынке труда. Кризис в промышленном производстве и либерализация системы профессионально - технических и трудовых отношений привели к тому, что на рынке труда появляется большое число молодых специалистов, которые имеют профессиональное образование, но при этом они не смогли адаптироваться к потребностям рынка труда. Также стоит отметить, что была разрушена система административного управления, в которой ранее формировались основные показатели набора студентов в ВУЗы и техникумы, предприятия планировали кадровый состав компании с учетом обновления корпуса специалистов, а молодые специалисты, хотя и получали гарантию трудоустройства, были ограничены в выборе места работы.

Сегодня выбор места учёбы не даёт чётко и строго определить перспективы дальнейшей профессиональной карьеры. В результате этого произошло многократное увеличение числа студентов, которые, обучившись за счет бюджетного финансирования, но после получения высшего образования не работают по специальности. В то же время, другие выпускники не могут найти работу вообще. Не менее тревожной тенденцией является увеличение доли выпускников, прошедших регистрацию в службе занятости после прохождения профессиональной подготовки. Таким образом, встаёт актуальный вопрос эффективности расходования бюджетных средств, подготовка, переподготовка специалистов направления подготовки «Электроэнергетика и электротехника».

Российский рынок труда характеризуется качественным и количественным дисбалансом спроса и предложения рабочей силы. Причиной такой ситуации является низкий уровень взаимодействия высших учебных заведений с работодателями и различия в личных предпочтениях студентов при выборе направления подготовки и потребностях экономики. Кроме того, образовательные программы зачастую «отрезаны» от практики и реальности электроэнергетики сегодняшнего дня. Таким образом, воспроизводство квалифицированных кадров

осуществляется не в полной мере и после окончания обучения студенты фактически оказываются не подготовленными к работе.

Дополнительные проблемы трудоустройства молодежи возникают по причине повышенных требований, предъявляемых к кадрам без квалификации. Многие работодатели просто считают, что у молодежи нет перспектив, нет возможностей для дальнейшего роста, и относятся к ней без должного уважения. Часто причиной отказа в приёме на работу выпускника ВУЗа является тот факт, что в ближайшее время ему предстоит срочная служба в Вооруженных силах.

Поэтому каждый выпускник направления подготовки «Электроэнергетика и электротехника», устраиваясь на работу, сталкивается с определенными проблемами:

- 1) отсутствие рабочих мест по специальности;
- 2) низкий уровень заработной платы (из-за отсутствия стажа работы);
- 3) не соответствие профессиональной компетенции выпускников требованиям работодателей (низкий уровень практических навыков, умений, знаний);
- 4) завышенные требования, предъявляемые работодателями при трудоустройстве.

Решение проблемы занятости молодежи в данном случае – задача в первую очередь государства. Важно оказывать социальную поддержку выпускникам, снижая критерии найма или предоставляя гибкий график работы для тех, кто еще учится. Возможность трудоустройства даже без опыта работы – еще один принципиальный критерий.

Помимо профессионального самоопределения, важно получить практический опыт в учебном процессе. В настоящее время уровень российского образования вызывает различные нарекания, потому что в системе образования возникло множество нововведений и направлений, вызванных реорганизацией системы, и эти инновации не всегда являются освоенными и оправданными. Долгое время предполагалось, что при наличии высшего образования человек может работать на любом участке производственного процесса, у него больше производительность труда, выше способность к адаптации в новых условиях.

При таком подходе профессиональные навыки, уровень образования, полученный студентом в период обучения, стал основным критерием работодателя для первоначального подбора кандидатов. Еще не так давно диплом высшего учебного заведения предлагал для выпускника возможность престижной работы, высокой занимаемой должности. Но на данный момент ситуация изменилась, и для реализации послевузовской жизни часто приходится начинать строить карьеру на первых курсах обучения.

Опыт также является важной составляющей при приёме на работу. Работодателю нужен работник, который уже имеет практический опыт и практические знания. Ведь никому не выгодно брать совсем не компетентного специалиста, потому что много времени может потребоваться на осведомление о процессе работы и обучение.

Обращаясь к мнению работодателей, какими они желают видеть студентов при приёме на работу, они показывают, что из профессиональных качеств выпускников они ценят прежде всего:

1) Качество полученного ими образования (уровень профессиональных знаний, умений и навыков, а также фундаментальность образования);

2) Наличие опыта практической работы, который повышает уровень их профессиональных умений, навыков и знаний;

3) Способность к применению и восполнению своих знаний, в том числе и других областях, что выражается в способности к самообразованию, в общей эрудиции, в широте и разносторонности знаний, в наличии дополнительной профессиональной подготовки.

Именно образовательным организациям и работодателям предстоит выработать общую стратегию развития рынка труда и системы образования, то есть выработать единые требования к квалификации работников и процедуры оценки результатов образования. Для решения проблемы трудоустройства выпускников образовательные организации должны заключать договоры с социальными партнерами. Совместная работа с рядом организаций и предприятий во многом зависит решение главной задачи — повышения качества образования, подготовки высококвалифицированных специалистов, конкурентоспособных и мобильных на рынке труда.

Поэтому одним из приоритетов высшего учебного заведения является развитие социального партнерства, направленного на максимальное согласование и реализацию интересов всех участников процесса трудоустройства. В соответствии с федеральными государственными стандартами и учебными планами ВУЗа по специальностям предусмотрено прохождение производственных, научно-исследовательских и преддипломных практик студентами в организациях, деятельность которых соответствует профилю подготовки направления «Электроэнергетика и электротехника». Вместе с тем работодателям следует обеспечить принятие соответствующих практических мер путем оформления срочного трудового договора и с записью в трудовой книжке.

Список литературы

1. Диссертация на тему «Трудоустройство выпускников вузов как социальный процесс [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.dissercat.com/content/trudoustroistvo-vypusknikov-vuzov-kak-sotsialnyi-protsess>

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

3. Проблемы трудоустройства молодежи в России [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://businessman.ru/problemyi-trudoustroystva-molodeji-v-rossii.html>

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕССИМЕТРИЧНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Бикмухаметов Т.Н.

Оренбургский государственный университет

В настоящее время в связи с быстрым и прогрессирующим развитием информационных технологий основным направлением моделирования различных режимов работы систем электроснабжения является моделирование с помощью ЭВМ.

При этом основным фактором эффективности решения поставленной инженерной задачи и достоверности полученных результатов было и будет используемое при исследовании программное обеспечение. Опыт показывает, что самым оптимизационным решением данной задачи является использование существующих программ и пакетов программирования, предназначенных для решение задач по имитационному моделированию в отраслевых областях электроэнергетики. Одним из ярких примеров средств имитационного моделирования систем электроснабжения как в целом, так и отдельных машин и агрегатов и процессов протекающих в них, можно привести прикладную программу Simulink и библиотеку блоков SimPowerSystem из ядра пакета Matlab.

Предпочтение данной прикладной программе отдается потому, что в основу Matlab Simulink заложены современные методы визуального программирования, мощный математический аппарат, также пакет имеет множество библиотек, в которые уже вложены готовые модели активных и пассивных электротехнических элементов, источников электрической энергии, электрических двигателей, трансформаторов, воздушных и кабельных линий электропередач.

Интерфейс программы Matlab Simulink позволяет пользователю выводить полученные результаты в удобной форме, в виде графиков, диаграмм, таблиц и т.п. Также программа позволяет выгружать данные решений в редактор электронных таблиц Microsoft Excel.

Применяя способности Simulink и SimPower-System возможно не только создавать модели, но и исследовать работу различных электротехнических устройств. Библиотека элементов SimPowerSystem включает довольно обширный диапазон энергетического, измерного дополнительного оснащения. Также, если в обычной библиотеке отсутствует какой либо блок, имитирующий работу спецоборудования либо метода, в таком случае пользователь обладает возможностью сформировать собственный личный блок. С помощью исходной схемы, представленной на рисунке 1, возможно решать задачи по оцениванию нессиметрии в трехфазной сети в диалоговом режиме, оценивать потери в элементах системы электроснабжения, которые возникают дополнительно при возникновении различной величины нессиметрии напряжений и токов.

Главными составляющими данной имитационной модели являются источник трехфазного синусоидального напряжения (Controlled Voltage Source ABC), который можно программировать по желанию пользователя,

трехпроводная кабельная линия электропередач, в состав которой входят блоки Series RLC branch, нагрузка (потребители), изменяемая во времени (Controlled Current Source ABC), вспомогательные подсистемы из блоков Matlab Simulink, которые обрабатывают и выводят требуемую для дальнейшего расчета информацию, полученную с помощью датчиков измерения электрических параметров (Three-Phase V-I Measurement, Scope, Sequence Analyzer). Дополнительно к стандартному набору блоков из библиотеки Matlab Simulink были созданы и интегрированы в модель блоки (Subsystem 1, Subsystem 2).

С помощью подсистем (Subsystem 1, Subsystem 2) вычисляются величины показателей качества электроэнергии, величины потерь напряжений и мощностей, дополнительные потери электроэнергии (мощности) в системе и другие характеристики электрической сети в характерных точках исследуемой системы.

Блоки разработанных подсистем Subsystem 1 и Subsystem 2 определяют в каждой фазе величины напряжения и токов, активную и реактивную мощности, коэффициент мощности нагрузки, симметричные составляющие напряжений, коэффициент несимметрии напряжений по обратной и нулевой последовательностям.

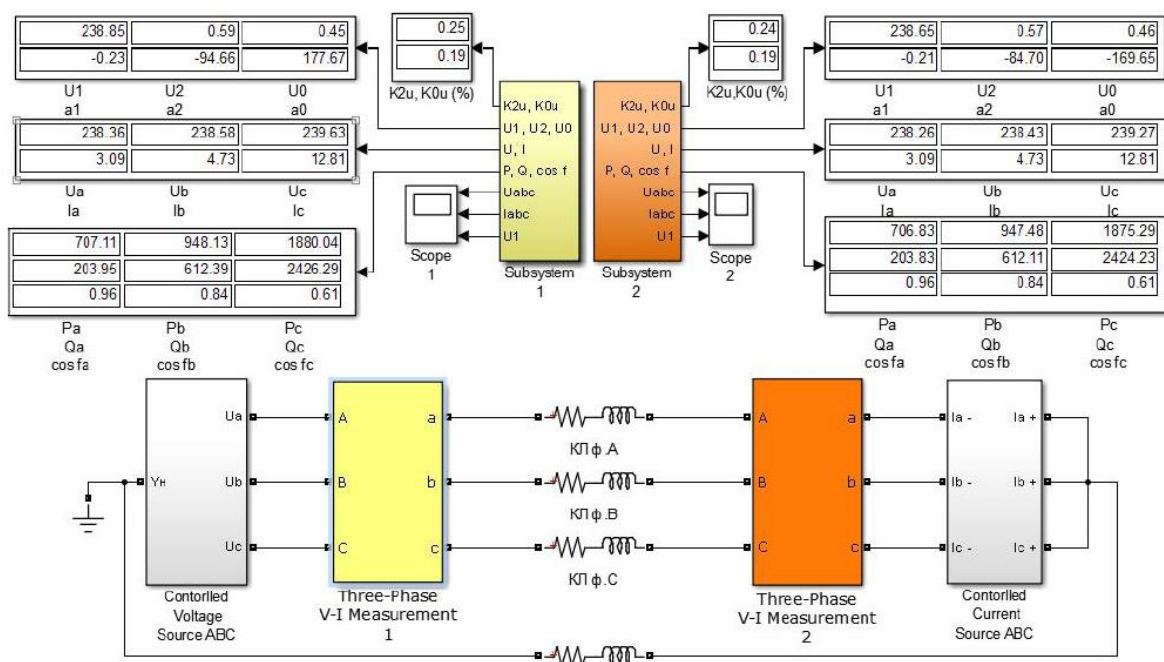


Рисунок 1 Схема для моделирования систем электроснабжения для изучения продолжительных несимметричных режимов

Показатель несимметрии напряжения в данной имитационной модели высчитывается с помощью блока Subsystem KU, встроенного в подсистему Subsystem 1 и Subsystem 2, в соответствии с требованиями, предъявляемыми ГОСТ.

Длительные несимметричные режимы работы моделируются с помощью компонентов Controlled Voltage Source ABC и Controlled Current Source ABC. Используется алгоритм, в основе которого лежат блоки управляемых источников переменного напряжения и управляемых источников переменного тока. Для

моделирования режима задаем реальные графики нагрузок, полученные из типовых графиков нагрузок для различных отраслей электроэнергетической отрасли.

Блок Controlled Voltage Source ABC моделирует выработку синусоидального напряжения переменной амплитуды. Величина амплитуды выходного напряжения источника и значение угла сдвига его фаз задаются с помощью блока Signal Builder, который позволяет с помощью графических редакторов задавать нужную форму сигнала, поступающего на вывод данного блока.

Работу электрической нагрузки (потребителя) имитирует блок Controled Current Source ABC. Он создает имитацию потребления синусоидального переменного тока

Необходимые для решения задачи величины токов, их начальные фазы, задаются аналогично напряжению при помощи блока Signal Builder.

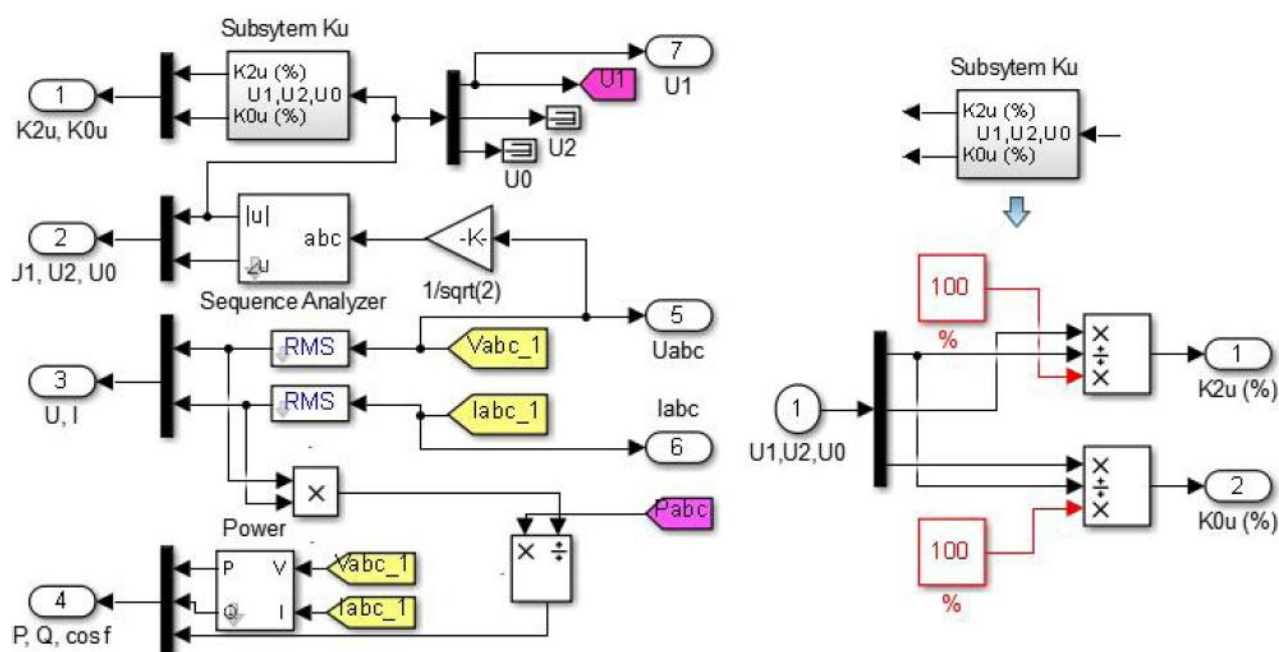


Рисунок 2 - Структурная схема блока, формирующего сигнал фазных токов подсистем Controlled Current Source ABC.

Представленная модель, разработанная и реализованная в среде прикладного пакета Matlab Simulink, является наглядным примером и хорошим помощником при моделировании и проведении исследования длительного и устойчивого несимметричного режима работы систем электроснабжения. Результатами моделирования можно быстро и с необходимой точностью определять уровни несимметрии в заданных точках системы, потери мощности, дополнительно возникающие в различных элементах систем электроснабжения при несимметрии токов и напряжений, и принимать решение о рациональном (оптимальном) распределении нагрузок либо о применении симметрирующих устройств.

Список литературы

1. Савина, Н.В. Методы расчета и анализа потерь электроэнергии в электрических сетях: учебное пособие / Н.В. Савина. - Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2014. – 150 с.
2. Ключкова, Н.Н. Расчет электропитающих сетей: учеб.пособ./ Н.Н.Ключкова, А.В. Обухова. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2013. – 146 с.
3. Апраткин, В.Н. Структура потерь электроэнергии и мероприятия по их снижению. Метрология электрических измерений в электроэнергетике./ В.Н. Апраткин, В.Э.Воротницкий, Ю.А. Арентов, М.А. Калинкина // Доклады научно-технических семинаров и конференций 1998-2001. / под общей редакцией д.т.н., проф. Загорского Я.Т. – М., 2001 – С. 47 – 54.
4. ГОСТ 30804.4.30–2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Методы измерений показателей качества электрической энергии. – Введ. 2014–01–01. – М. : Стандартиформ, 2013. – 52 с.
5. Дед, А. В. Оценка дополнительных потерь мощности в электрических сетях 0,38 кВ на основе экспериментальных данных / А. В. Дед [и др.] // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 11–3. – С. 64–67.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТРЕХФАЗНЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ

Бикмухаметов Т.Н.

Оренбургский государственный университет

Возникновение несимметричных режимов при работе трехфазной системы электроснабжения приводит к возникновению дополнительных потерь мощности и электроэнергии. Снижение потерь электроэнергии в распредсетях, как и любое другое энергосбережение, невозможно без выполнения точного моделирования исследуемых объектов. В данной статье представлены теоретические сведения о моделировании трехфазных систем электроснабжения в режимах асимметричной работы и о необходимости оценки дополнительных потерь мощности, возникающих в таких режимах и способами их уменьшения.

Сложная, часто встречаемая на практике, разветвленная СЭ с трехфазным источником синусоидального напряжения может быть упрощена до эквивалентной простой схемы, представленной на рисунке 1

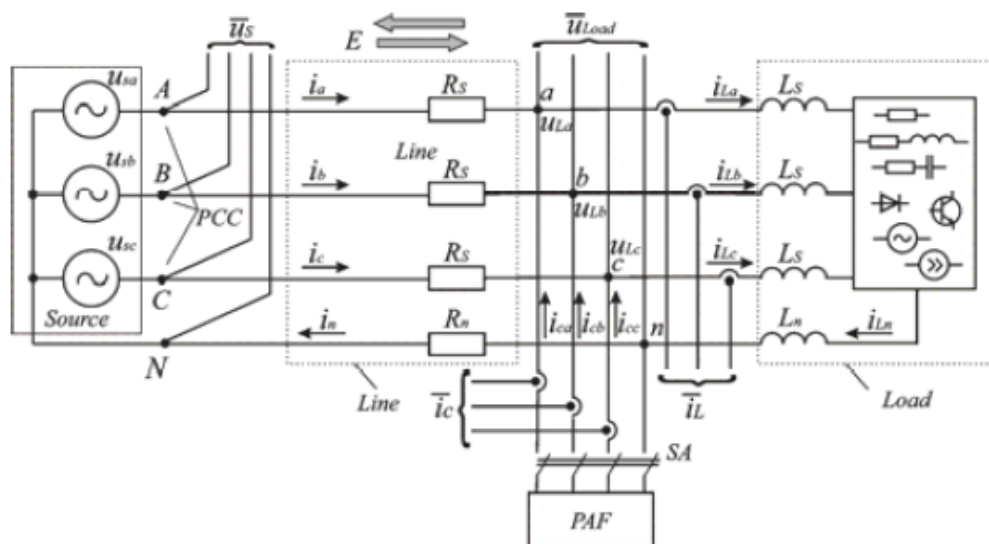


Рисунок 1 – Эквивалентная схема простой трехфазной системы электроснабжения.

В состав схемы входят три части: трехфазный источник переменного синусоидального напряжения (Source), трехфазная нагрузка или потребитель (Load) и соединительная кабельная линия (Line), обладающая сопротивлением провода линии (R_s) и сопротивлением нулевого проводника (R_n).

Нагрузка на схеме рисунка 1 может быть различной, в ее качестве могут использоваться резисторы активного сопротивления, дугогасительные реакторы, статические конденсаторы, потребители с нелинейной нагрузкой, источники синусоидального тока и переменного напряжения, а также различные комбинации этих элементов. Необходимо отметить, что индуктивность кабельных линий (L_s и L_n) в данной схеме перемещены на нагрузку. В зависимости режима работы, характера нагрузки передача энергии может проходить в трех случаях: прямая передача – электроэнергия передается от источников к нагрузке, обратная

передача – электроэнергия передается от нагрузки к источнику, и смешанная передача – в различные периоды возможно появление комбинаций двух предыдущих режимов передачи энергии. После коммутации контакторов (SA) к нагрузке присоединяется параллельно силовой фильтр (активный блок PAF).

В данной статье используется универсальная формула, с помощью которой возможно определить суммарную мощность потерь энергии в трехфазной системе электроснабжения через ее составляющие элементы:

$$\Delta P_{\Sigma}^* = \frac{\Delta P_{\Sigma}}{P_{usf}} = \Delta P_{min}^* + \Delta P_{add}^* \quad (1)$$

где P_{min}^* – минимальная существующая мощность потерь энергии, определенная при отсутствии скачков мгновенной активной мощности в трехфазной СЭ;

P_{add}^* – мощность потерь, дополнительно возникающих при асимметрии режима работы трехфазной СЭ;

P_{usf} – средняя, найденная за период повтора, полезная мощность нагрузки.

В основе нахождения составляющих суммарных мощностей потерь энергии положена современная теория о мгновенных активных и реактивных мощностях, о характере изменения электромагнитных процессов, протекающих в трехфазных СЭ и алгоритме управления режимами.

Целью данной работы является моделирование универсальной схемы трехфазной системы электроснабжения и улучшение ее параметров для увеличения скорости расчета составляющих дополнительных потерь мощности в любых возможных вариантах. Данная модель универсальная, с ее помощью возможно рассчитать величины составляющих потерь мощности при различных режимах работы СЭ.

Оптимизация структуры имитационной модели трехфазной системы электроснабжения в пакете Matlab Simulink выполняется при переходе от схемы, изображенной на рисунке 1 к эквивалентной схеме рисунка 2.

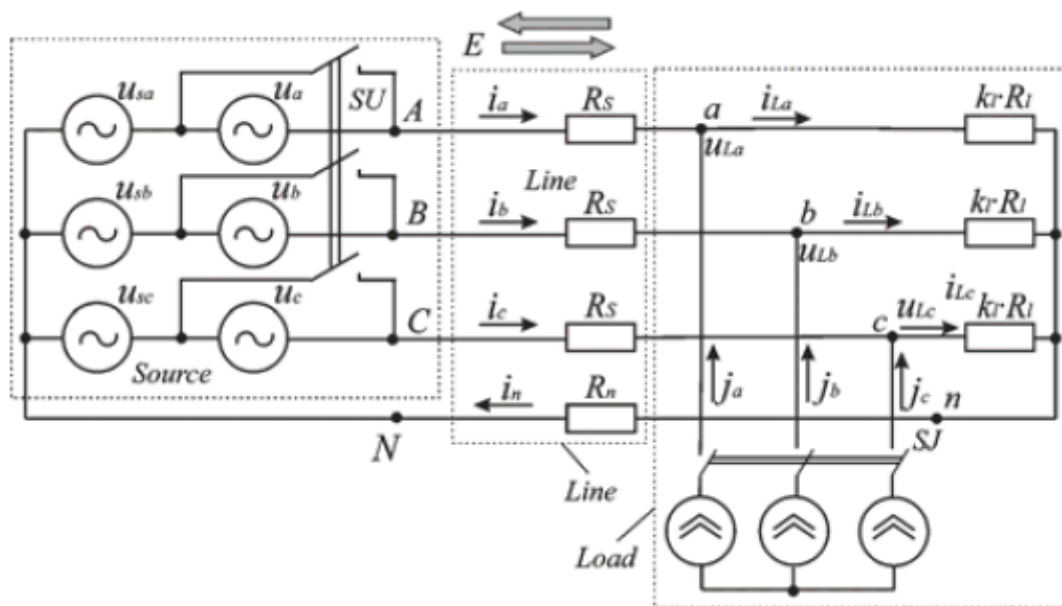


Рисунок 2 - Эквивалентная схема трехфазной системы электроснабжения

Источник трехфазного напряжения в этой схеме составлен из двух включенных последовательно источников симметричного напряжения (u_{sa}, u_{sb}, u_{sc}) и включенного дополнительно источника трехфазного напряжения (u_a, u_b, u_c) подключаемого к системе в случае размыкания шунтирующих контакторов (SU). С помощью дополнительного источника имеется возможность задать несимметричный режим - амплитудный либо фазный, а также добавить высшие гармонические составляющие в спектр напряжения источника. Трехфазной нагрузкой в схеме являются два блока - трехфазная симметричная резистивная нагрузка ($k_l \cdot R_l$) и регулируемый источник трехфазного тока (j_a, j_b, j_c), подключаемый параллельно к активной симметричной нагрузке после коммутации контакторов (SJ).

Управляемый источник тока имитирует в проводниках (линиях) форму токов, которая соответствует любой изменяющейся нагрузке при симметричной или асимметричной загрузке по фазам. Коэффициент пропорциональности (k_l), который умножается на активное сопротивление элементов во всех трех фазах, нужен для поддержания неизменного значения средней, найденной за период повтора активной полезной мощности нагрузки $P_{usf} = \text{const}$. Это вытекает из выражения (1), поэтому при задании в системе того или иного возмущения, этот коэффициент необходимо определять, но его нахождение является отдельной задачей.

Список литературы

- 1 Савина, Н.В. Методы расчета и анализа потерь электроэнергии в электрических сетях: учебное пособие / Н.В. Савина. - Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2014. – 150 с.
- 2 Ключкова, Н.Н. Расчет электропитающих сетей: учеб.пособ./ Н.Н.Ключкова, А.В. Обухова. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2013. – 146 с.
- 3 Дед, А. В. Оценка дополнительных потерь мощности в электрических сетях 0,38 кВ на основе экспериментальных данных / А. В. Дед [и др.] // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 11–3. – С. 64–67.
- 4 Галыгина, О.С. Основные аспекты учета и потерь электроэнергии/О.С. Галыгина, В.Ф.Заугольников// Энергетика. — 2017. — № 5 — С. 18-22

ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ КАК ФАКТОР МОТИВАЦИИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Богданов А.В., канд. техн. наук

Кумертауский филиал Оренбургского государственного университета

В настоящее время активное развитие различных электронно-библиотечных ресурсов создает огромный поток информации для современных студентов разных направлений подготовки. В результате этого появляется ряд проблем: отсутствие системности и систематичности знаний как следствие большого объема информационного поля, большинство студентов не обладают навыками выделять самое главное и нужное, не умеют организовывать самостоятельную работу. В связи с этим – знания «слабеют». Существует и вторая проблема, в частности, это касается студентов высших учебных заведений, обучающихся по технических направлениям, заключается она в том, что студент, поступающий в высшие учебные заведения, не имеет достаточных знаний по физике и математике.

Самостоятельная работа студентов - одна из форм учебного процесса, ее часто определяют как существенную часть аудиторной работы. Результатом успешного выполнения самостоятельной работы студентов является планирование и контроль со стороны профессорско-преподавательского состава ВУЗа, а также планирование объема самостоятельной работы в учебных планах по направлениям подготовки профилирующими кафедрами. Научные исследования и накопленный в вузах опыт подтверждают, что без систематической и целеустремленной организации самостоятельной работы невозможно достичь высоких профессиональных навыков, а главное – невозможно быть в процессе совершенствования и после окончания учебного заведения в рамках профессиональной деятельности. Таким образом, самостоятельная работа студентов должна рассматриваться как важнейший элемент их научно-познавательной деятельности, быть составляющей высокого качества образования, а также усилить эффективность научно-исследовательской и учебной деятельности.

В последнее время в ходе существенной перестройки учебно-воспитательного процесса формирование познавательных и профессиональных мотивов является одной из главных задач образования в ВУЗах. И некоторые особенности такого формирования имеются и при построении самостоятельной работы студентов [1, 2].

Самостоятельная работа должна быть полимотивированной [3]. Среди множества мотивов необходимо выбрать ведущий, а другие заключить в ряд дополнительных. В процессе динамики и развития деятельности соотношения между ними могут изменяться. Мотив, на разных из своих этапов протекания деятельности, может стать и ведущим, и дополнительным. Появляется так называемый принцип «динамической полимотивации», суть которого

закljučается в следующем. В начало выполнения научно-исследовательской и познавательной деятельности студента вовлекают, заинтересовав его одним уже имеющихся у него сильных мотивов (не столь важно каким: стремление к самореализации, желание к коммуникации, нацеленность на решение личных проблем и т.п.), затем, когда студент в какой-то степени занят этой деятельностью, обеспечивается главное: подбор содержания деятельности. Такой подбор должен организовываться таким образом, чтобы в дальнейшем протекание процесса создавались все большие предпосылки для перехода познавательных и профессиональных мотивов из ряда дополнительных в ранг ведущих.

Выбор и подбор первоначальных мотивов должен осуществляться строго индивидуально, опираясь на то, что у каждого студента уже имеется свой особый набор мотиваций. Однако есть и некоторые общие группа мотивов, типичные для большинства обучающихся, среди которых и следует искать их «индивидуальные наборы». С другой стороны, введение студента в самостоятельную работу можно осуществить через согласование содержания изучаемого предмета с уже имеющимися у него интересами. Функция введения в самостоятельную деятельность может выполнять и постановка конкретно-научных проблем, которые соотнесены с будущей специальностью студента. При таком подходе организации процесса, студент будет последовательно переходить от рассмотрения одних вопросов к другим, вовлекая в процесс размышления все большее их количество и руководствуясь при этом логикой как первоначально сформированной проблемы, так и новых, возникающих по ходу решения проблем. Благодаря тому, что «второстепенные» проблемы будут со временем вытеснять центральную, обучающийся научится ориентироваться в содержании поставленной цели (изучаемого курса).

С точки зрения актуализации динамической полимотивации в организации самостоятельной работы, на начальных этапах не следует забывать и «внешние» побуждения (оценка работы, необходимость сдать отчет, страх перед отчислением и т.п.). Именно внешние побуждения, а не формальные, ориентированные на индивидуальность обучающегося оказываются более эффективными. Преподаватель, например, в ходе индивидуальной беседы говорит, что хочет узнать научный потенциал данного студента, познакомиться с особенностями стиля его мышления. Немаловажно четко определять срок выполнения самостоятельной работы (или ее этапа), а также строго на первых порах он должен соблюдаться. Главная цель внешних побуждений – это усиление «слабых» внутренних побуждений, которые выступают основными.

Студент, прежде всего, должен научиться работать самостоятельно, так как основной смысл активизации, подключения и использования широкого круга различного рода мотивов и внешних побуждений-это вовлечение в самостоятельную работу. Только активная самостоятельная деятельность, а не через восприятие знаний в готовом виде, студента позволяет качественно овладеть специальными знаниями. При таком подходе одной из главных целей формирования и улучшения научно-исследовательской деятельности и учебного процесса выступает развитие и усовершенствование у студентов различных

мотивов, стимулирующих учебу, механизмов целевосприятия, благодаря чему обучающийся лично принимает и стремится решать научные и учебные задачи, а также разнообразие конкретных приемов понимания и запоминания материала курса, среди которых играют средства решения учебно-специальных проблем и навыки работы с наполнением научных текстов. Для достижения выше сказанного необходимо:

- наладка системы поточного комплекса диагностирования уровней развития и качественных особенностей мотивации;
- подборка для каждого обучающегося индивидуальные проблемно-поисковые задачи, которые он может вполне самостоятельно решать;
- организация групповых интеллектуальных тренингов, направленные на формирование и улучшение умений анализировать, систематизировать, осмысливать и сопоставлять новый учебный материал.

Таким образом, самостоятельная работа студентов играет важную роль в получении высшего профессионального образования, является мотивирующим фактором успешной научно-исследовательской деятельности. Огромный багаж знаний, навыков и умений, способность анализировать, осмысливать и оценивать современные события, факты, решать профессиональные задачи на основе единства теории и практики вырабатываются прежде всего, в самостоятельной работе студента.

Список литературы

1. Ананьев Б.Г. Избранные психологические труды: в 2 т./ Под ред. А.А. Бодалева и др. - М., 1980.
2. Бадмаев Б.Ц. Психология: как ее изучить и усвоить. - М., 1997.
3. Зеер Э.Ф., Павлова А.М., Сыманюк Э.Э. Модернизация профессионального образования: компетентностный подход: учеб. пособие. - М.: Изд-во Моск. психол.-соц. ин-та, 2005.
2. Компетентностный подход в педагогическом образовании / под ред. проф. В.А. Козырева. - СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2005.
3. Морозов А.В., Чернилевский Д.В., Креативная педагогика и психология: учеб. пособие. - М.: Академический проект, 2004.
4. Хьелл Л., Зиглер Д. Теории личности. - 3-е изд. - СПб.: Питер, 2008.

АСПЕКТЫ КОМПЬЮТЕРНОГО ОБУЧЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ПРОМЭЛЕКТРОНИКЕ

**Булатов В.Н., д-р техн. наук, профессор,
Хлуденев А.В., канд. техн. наук., доцент
Оренбургский государственный университет**

Система подготовки специалистов, выпускаемых по электроэнергетическим специальностям, в том числе по промышленной электронике является одним из объектов процесса информатизации. Естественно, что стремление активно применять современные информационные технологии в этой сфере должно быть направлено на повышение уровня и качества подготовки специалистов. Поэтому недостаточно просто овладеть той или иной информационной технологией. Необходимо выделить и наиболее эффективно использовать те ее особенности и возможности, которые могут в какой-то мере обеспечить решение конкретно поставленных задач в *области изучения специальных дисциплин*.

В общем, о компьютерной технологии обучения можно сказать, что она представляет собой технологию обучения, основанную на принципах информатики [1]. Главной ее отличительной особенностью является применение компьютерных средств – весьма динамично развивающихся средств обучения, применение которых и возможности которых кардинально меняют систему форм и методов обучения. При этом в области подготовки специалистов по промышленной электронике под компьютерными средствами подразумеваются IBM-совместимые компьютеры, микропроцессорные учебно-отладочные средства, одноплатные контроллеры и специализированные микроконтроллеры с программно-отладочными средствами.

Анализ различных источников, в том числе [1-3], посвященных данной проблеме, а также опыт обучения студентов по направлению «Электроника и наноэлектроника» в Оренбургском государственном университете позволяет сформулировать аспекты этой проблемы в виде следующих вопросов:

- какую долю учебного материала и в каком его виде представить и реализовать с использованием компьютерных средств?
- как и какими средствами осуществлять контроль знаний, оценивать уровень закрепления навыков и умений?
- каким должен быть интерфейс «обучаемый↔компьютерная система»?

Для переложения курса обучения на компьютерные технологии необходимо иметь представление не только о предметной области, но также быть всесторонне информированным о возможностях информационных технологий, а также знать – какими средствами компьютерной поддержки достигается тот или иной фрагмент обучения.

Компьютер как средство обучения может использоваться только при наличии специализированных технических средств, перечисленных выше и непосредственно связанных с предметной областью, а также соответствующего программного обеспечения (ПО). И здесь огромное значение для эффективности

обучения приобретает организация взаимодействия обучаемого с компьютерной системой, называемой интерфейсом [3]. Именно этому аспекту, на взгляд авторов, недостаточно уделяется внимания.

По существу, каждую компьютерную систему можно оценивать двумя критериями: точностью, корректностью и удобством. Разработчики ПО (системные программисты) традиционно обращают особое внимание на корректность результатов: много усилий тратится на разработку и тестирование ПО, которое обеспечивает требуемую точность обработки.

Гораздо меньше внимания уделяется концепции удобства работы с компьютерной системой. Хотя с системой взаимодействует, по крайней мере, один обучаемый, считается, что основная задача компьютерной системы — выполнять некоторое задание, а не служить обучаемому вспомогательным средством при выполнении этого задания. Повышенное внимание к точности и корректности обработки информации производится за счет игнорирования вопроса о том, каким образом вводятся и выводятся данные, то есть предпочтение отдается содержанию, а не форме.

Обучаемый как пользователь компьютерной системы имеет право ожидать не только точных и корректных результатов обработки данных, но и *удобства в использовании системы*. Это значит, что при пользовании компьютерной системой будущий специалист не должен существенно менять стиль работы и полностью опираться на приобретенные умения и навыки работы с элементами изучаемой техники, связанной со специальностью. В этом смысле очень показателен пример с разработчиками компьютерных игр. Они тратят много сил на проектирование интерфейса между человеком и компьютером; компьютерная игра фактически и есть интерфейс. Поэтому разработчики игр должны хорошо разбираться не только в возможностях аппаратных и программных средств, но также обладать хорошим воображением и проявлять изобретательность при реализации задач «игрок↔компьютерная система».

И все же, отдавая дань оригинальности решений, нужно признать, что в основе всех таких операций лежат общие принципы. Для рассматриваемой проблемы их можно сформулировать так: интерфейс «обучаемый↔компьютерная система» должен включать все аспекты автоматизированной компьютерной системы, с которыми непосредственно соприкасается обучаемый при выполнении учебных задач.

Эффективность взаимодействия обучаемого с системой существенным образом связана с удобством этого взаимодействия. На удобство работы влияют факторы, которые влияют на чувство комфорта. Их можно разделить на две большие группы, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Факторы	Чем вызываются	На что влияют
Физическая эргономика	Аппаратным обеспечением	Физический комфорт
Психологическая эргономика	Качеством разработки программного обеспечения	Психологический комфорт

Эргономические характеристики реальной системы могут существенно улучшить или ухудшить отношение пользователя к ней, и тем самым оказать влияние на эффективность процесса обучения.

Конструктивные особенности оборудования (как компьютера, так и дополнительных микропроцессорных устройств) и размещение его в рамках рабочего места могут повлиять на чувство физического комфорта обучаемого при работе с системой.

Другой фактор — это психологическая эргономика. В то время как физическая эргономика занимается изучением соответствия функций системы физиологическим характеристикам человека, психологическая эргономика занимается изучением соответствия функций системы психологическим процессам человека. В качестве примера можно привести процесс считывания сообщения с экрана монитора. Пользователь, который не может сориентироваться в непривычном представлении, в общем-то, известной графической схемы электронного устройства, ощутит неуверенность, психологический дискомфорт. И уже нет смысла прилагать усилия для создания условий, которые не вызывают у пользователя, например, боль шеи или усталость глаз. На этот аспект работы систем, получивший название диалога, разработчики ПО могут повлиять как в положительную, так и в отрицательную сторону. Разработка ПО диалога и является основой интерфейса «обучаемый↔компьютерная система».

Многие системы обучения, используемые в настоящее время, страдают именно отсутствием профессионального интерфейса, который отвечал бы потребностям обучаемых. Можно заметить, что нет ничего невозможного в создании эффективного интерфейса. Примером того могут служить опять же современные компьютерные игры. Их притягательную силу нельзя объяснить только новизной. В связи с этим полезно ближе познакомиться с некоторыми характеристиками интерфейсов этих игр и сделать соответствующие выводы.

Во-первых, интерфейс необходимо проектировать отдельно, как и отдельно разрабатывать структуру файлов, обрабатываемых системой. Состав и форма представления входных и выходных данных должны стать предметом тщательного анализа разработчиков интерфейса.

Во-вторых, взаимодействие пользователя с компьютерным средством имеет много общего с взаимодействием человека с современным автомобилем. Здесь существует большое число общепринятых в эргономике решений, которые можно легко перенести на разработку компьютерных средств обучения.

В-третьих, разработчик должен понимать не только вычислительный процесс, необходимый для решения задачи, но и знать особенности пользователей системы, чувствовать их психологические потребности и оценивать их действия, направленные на достижение целей задач.

Однако единственный способ оценки эффективности интерфейса — это посмотреть, как на самом деле пользователь взаимодействует с системой в процессе обучения. И узнать, что достиг (или не достиг) разработчик интерфейса требуемого результата на основании, например, следующих критериев:

- 1) простота освоения и запоминания операций системы;
- 2) быстрота достижения целей задачи, решаемой с помощью системы;
- 3) удовлетворенность пользователя при работе с системой.

К сожалению, эффективность широко используемых интерфейсов в компьютерных системах обучения объективно ограничивается существующими дешевыми, и потому широко распространенными аппаратно-программными средствами ввода и вывода, которые в процессе диалога действуют как чисто пассивные посредники. Независимо от выбранной структуры диалога входные сообщения, получаемые посредством процедур ввода, механически преобразуются в форму, удобную для релевантного рабочего процесса. Выходные сообщения из рабочего процесса подвергаются подобному же преобразованию, но в обратном направлении. Интерфейс не понимает содержания сообщения в момент осуществления этих преобразований. Ему не требуется знаний ни о характере поведения пользователя, ни о внутренней структуре рабочих процессов, ни о данных, с которыми они манипулируют.

Следовательно, интерфейс не осуществляется в контексте отображаемой предметной области, так, как это происходит при общении людей, касающемся той же предметной области. Люди интерпретируют полученную информацию и словами выражают то, что хотят сказать в плане соответствующей модели предметной области. Процесс, с помощью которого это делается, описывается в форме распознавания образов. Поступающая информация коррелируется с образцами, содержащимися в модели предметной области, чтобы определить, какая из интерпретаций предпочтительнее, и принять ее за истинную.

Однако подобные типы интерфейсов уже реализуются в системе «обучаемый↔компьютерная система». Типы подобных интерфейсов называют интеллектуальными. В качестве примера можно привести интерфейс математического пакета программ MathCAD или специализированное в области электронных устройств приложение Multisim.

На основе приведенного анализа можно сделать выводы, как с учетом сложившейся стратегии проектировать интерфейс «обучаемый↔компьютерная система» для обеспечения подготовки специалистов по промэлектронике.

Во-первых, нужно ориентироваться на создание интеллектуальных интерфейсов, включающих механизм определений объектов электроники в контексте отображаемой предметной области. Такой интерфейс должен обладать знаниями о мире задачи, в котором функционируют он и обучаемый.

Во-вторых, разрабатываемый интеллектуальный интерфейс должен

использовать формы распознавания образов для интерпретации входных сообщений от пользователя в рамках системной модели предметной области обучения.

Список литературы

1. Бауэр Ф.Л., Гооз Г. Информатика: Пер. с нем. – М.: Мир, 1990. – в 2-х т.
2. Горобец Г.Г. Аспекты информатизации образования. // Материалы международной научно-практической конференции «Информатизация образования - 2007», часть 1. Калуга: КГПИ, 2007. – С. 178-183.
3. Коутс Р., Влеймник И. Интерфейс «человек-компьютер»: Пер. с англ. – М.: Мир, 1990. – 501 с., ил.

РАСЧЕТ ИНТЕНСИВНОСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ РУ 220 кВ

**Быковская Л.В. канд. техн. наук, доцент, Лукавенко Е.А.
Оренбургский государственный университет**

Одними из главных объектов электроэнергетики, при эксплуатации которых возникают опасные магнитные поля промышленной частоты, являются подстанции высокого напряжения. Воздействию электромагнитного поля вблизи открытых распределительных устройств (ОРУ) может подвергаться как специализированный персонал, так и проживающие или работающие около ОРУ люди. Поэтому в настоящее время достаточно остро стоит вопрос разработки методик расчета параметров электромагнитных полей промышленной частоты в электроэнергетических устройствах различного назначения и разработки мер по снижению их интенсивности.

Анализ показывает, что в наши дни недостаточно хорошо изучены вопросы влияния ЭМП непосредственно на РУ 220 кВ. Научная новизна исследования также заключается в том, что расчет интенсивности ЭМП в РУ данного напряжения позволит выделить безопасные диапазоны частот для работы электротехнического и технологического персонала, а также позволит в дальнейшем помочь разработке средств индивидуальной защиты и экранов, для уменьшения действия ЭМП на человека, а также на чувствительную электронику.

Целью диссертационной работы является расчет параметров электромагнитного поля, таких, как напряженности электрического и магнитного полей. Для достижения поставленной цели в работе будут сформулированы и решены следующие научные и практические задачи:

- анализ научной литературы по исследуемому вопросу;
- математическое моделирование электрических полей ОРУ 220 кВ;
- математическое моделирование магнитных полей ОРУ 220 кВ;
- создание имитационной модели ЭМП;
- проведение эксперимента.

Предметом исследования являются компоненты ОРУ 220 кВ.

Объектом исследования является электромагнитное поле непосредственно на РУ напряжением 220кВ.

В статье А.В. Коржова и О.М. Малышевой «Определение опасных зон в распределительных устройствах 10(6) кВ по условиям воздействия магнитной составляющей электромагнитного поля на персонал, обслуживающий подстанции 110/10(6) кВ» приведены результаты измерений картины магнитного поля в распределительных устройствах на 11 подстанциях 110/10(6) кВ г. Кургана (более 2000 замеров). Сделаны выводы о наличии опасных зон в распределительных устройствах по условиям воздействия магнитного поля на обслуживающий персонал. Предложены дополнительные рекомендации в существующие стандарты. Сделаны выводы о том, что при измерении магнитной составляющей электромагнитного поля промышленной частоты в распределительных устройствах необходимо:

- рассматривать совместное воздействие магнитного поля промышленной частоты и высокочастотных гармоник;
- учитывать конструкцию распределительного устройства;
- особое внимание следует уделить вводным ячейкам, ячейкам наиболее загруженных отходящих линий и ячейкам, не помещенным в металлические кожухи;

- проводить обязательные замеры вблизи окошек при их наличии.

Моделирование магнитного поля, созданного током электроустановки, позволит определить уровень напряженности (индукции) магнитного поля на рабочих местах на этапе проектирования РУ.

В научной работе Степанова И.М. «Исследование электромагнитных полей в электроустановках высокого напряжения и разработка мер по снижению их интенсивности» сказано, что в связи с развитием электронной вычислительной техники появилась возможность практического использования численных методов расчета электромагнитных полей, описываемых уравнениями в частных производных, которые позволяют с большой точностью решать те задачи, которые ранее решались с использованием аналитических методик при тех или иных допущениях. В частности, одним из таких численных методов является векторный метод конечных элементов (ВМКЭ). На основе использования этого метода базируется большая часть исследований, проведенных в настоящей работе. Между тем в диссертации при решении некоторых задач использованы и аналитические методы решения, в том числе и, где это возможно, для проверки результатов, полученных с помощью численного метода. Разработка аналитических методов решения обусловлена тем, что на практике реализация этих методов является гораздо менее трудозатратной, чем реализация численных методов. Одной из задач, для решения которой можно с достаточной степенью точности применить аналитический метод, является расчет магнитного поля под ошиновками открытых распределительных устройств (ОРУ) стандартного исполнения.

Было проанализировано программное обеспечение для моделирования электрических полей:

- EM Explorer (EMXP) – это программа трёхмерного электромагнитного моделирования для задач рассеяния электромагнитных волн на периодических структурах. Основана главным образом на методе конечных разностей во временной области (FDTD), и соответственно, наследует основные достоинства и недостатки метода FDTD. Достоинства включают простой робастный численный алгоритм, возможность работы практически с любой геометрией, масштабируемость используемых компьютерных ресурсов в зависимости от объема расчетной области. Недостатки – численная дисперсия и ограничения для обеспечения стабильности при аппроксимации уравнений Максвелла конечными разностями.

- Программный пакет emGine Environment – это среда полноволнового трёхмерного электромагнитного моделирования путем решения уравнений Максвелла во временной области. Используется для моделирования

высокочастотных электромагнитных полей в микроволновых цепях, антеннах, резонаторах и т.п. Для некоммерческого и неправительственного использования, например, для академических, исследовательских и образовательных целей, пакет предоставляется бесплатно в виде исполняемого файла.

- LC – это главным образом электромагнитное моделирование с использованием техники Finite-Difference Time-Domain (FDTD). FDTD предполагает полноволновое явное решение уравнений Максвелла в трёхмерном пространстве. При использовании метода FDTD прямоугольная расчетная область, содержащая модель, разбивается на большое количество маленьких ячеек, которые могут быть одинакового размера, или иметь варьируемые размеры в расчетной области. Расчет производится по шагам во времени, и на каждом шаге вычисляются обновленные значения полей в каждой ячейке на основании материальных параметров и значений полей на предыдущем шаге.

- NEC2 – это широко используемый программный пакет трёхмерного электромагнитного моделирования, основанный на методе моментов. Пакет был разработан лабораторией Lawrence Livermore National Laboratory более 10 лет назад. Доступны исполняемые файлы для многих компьютерных систем.

- Radia – программный пакет для трёхмерной магнитостатики, который использует метод конечных объемных интегралов для точного вычисления интегральных компонент полей. Работает с пакетом Mathematica.

- FEMM - Finite Element Method Magnetics. Набор программ, основанных на методе конечных элементов, и предназначенных для расчета планарных/осесимметричных структур магнитостатики и низкочастотного магнетизма. Включает графический препроцессор, решатель, и графический постпроцессор. Имеется бесплатная версия, что делает эту программу доступной. В последствии мы будем использовать именно ее для моделирования ОРУ 220 кВ.

Из вышеперечисленного можно сделать выводы, что информации о распределении электромагнитного поля и его влияние на оборудование в распределительных устройствах на напряжение 220 кВ практически нет. В диссертационной работе будет представлена имитационная модель распределения электромагнитного поля в распределительном устройстве 220 кВ в программе FEMM, а также будет исследовано влияние поля на основное оборудование электроустановки.

Список литературы

1 ГОСТ Р 51317.2.5-2000 (МЭК 61000-2-5-95). Совместимость технических средств электромагнитная. Электромагнитная обстановка. Классификация электромагнитных помех в местах размещения технических средств [Электронный ресурс]: Постановление Госстандарта России от 13 декабря 2000 г. № 352-ст. Доступ из справочно-правовой системы «Кодекс».

2 Коржов А.В. Теоретическое и экспериментальное исследование уровней электромагнитных полей вблизи силовых кабельных линий напряжением 6-10 кВ / А.И. Сидоров // Технологии ЭМС. - 2009. - №1. - С. 4653

3 Степанов, И.М. Исследование электромагнитных полей в электроустановках высокого напряжения и разработка мер по снижению их интенсивности/И.М. Степанов// НГТУ.-2009.- 149с

4 СанПиН 2.2.4.1191-03. Гл. 3.4: Предельно допустимые уровни электромагнитного поля частотой 50 Гц. – 17 с.

5 Хабигер Э. Электромагнитная совместимость. Основы ее обеспечения в технике. Под ред. Б.К. Максимова. М., Энергоатомиздат, 1995.

6 Полумисков, М.А. Разработка математических моделей для расчёта электромагнитного поля с применением сингулярных интегральных уравнений и их численное исследование/М.А. Полумисков// ИГЭУ.-2007.- 198с.

7 Быковская Л.В., Чурикова Е.В. Моделирование электрического и магнитного полей воздушной линии электропередачи. // Вестник КузГТУ - научный журнал, 2016. - № 5(117).

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЕ

Валиуллин К.Р., Лобанов В.А.
Оренбургский государственный университет

Электроэнергетическая система (ЭС) – совокупность электроэнергетических предприятий, устройств для производства, передачи и распределения электроэнергии и электроустановок потребителей. ЭС включает в себя электростанции, электрические сети, подстанции, линии электропередач и электроприемники. Важным и наименее надежным компонентом электроэнергетической системы являются линии электропередач (ЛЭП). Из-за их большой протяженности и влияния на них различных внешних факторов, большинство отказов в результате повреждений приходится именно на линии электропередач. Причинами аварии могут быть как природные условия, так и человеческий фактор, в том числе ошибки обслуживающего персонала.

Наиболее распространенным видом повреждений являются однофазные короткие замыкания на землю, составляющие более 60% от общего количества КЗ [1]. Возникновение аварийных режимов приводит к порче оборудования на предприятиях и перерыву в электроснабжении, который может привести к расстройству технологического процесса и всегда сопровождается экономическим ущербом. Для предотвращения аварийных режимов и повышения надёжности электроснабжения применяется релейная защита и автоматика (РЗА). Помимо применения релейной защиты для сохранения питания потребителей система делится на участки с помощью выключателей.

Релейная защита включает в себя устройства, предназначенные для распознавания наличия неисправности в системе, подачи сигнала на отключение выключателя и обнаружения других видов ненормальных режимов работы.

Каждый участок обычно защищен двумя комплектами защит: основным и резервным.

Основной комплект защит обладает абсолютной селективностью и отключает участок только при возникновении на нем повреждений. Такой комплект вводится в работу для мгновенного срабатывания. Представителем такой защиты является дифференциально-фазная защита, дифференциальная защита линий, направленная высокочастотная защита и т.д.

Резервный комплект защит используется для резервирования основных защит и выключателей на собственной и смежных линиях в случае их отказа. Такой комплект срабатывает с выдержкой времени, чтобы дать возможность отработать основным защитами и не произошло неселективное отключение. Резервный комплект представлен комплектом ступенчатых защит, который обычно включает в себя дистанционную защиту, токовую защиту нулевой последовательности и максимальную фазную отсечку.

По отношению к РЗА предъявляются следующие требования:

1) Быстродействие. Показателем быстродействия является время срабатывания защиты – интервал времени от момента возникновения повреждения до момента отделения от сети поврежденного участка. Чем меньше будет этот интервал, тем меньший ущерб получают потребители.

Экономический ущерб зависит от время протекания тока КЗ (рисунок 1).

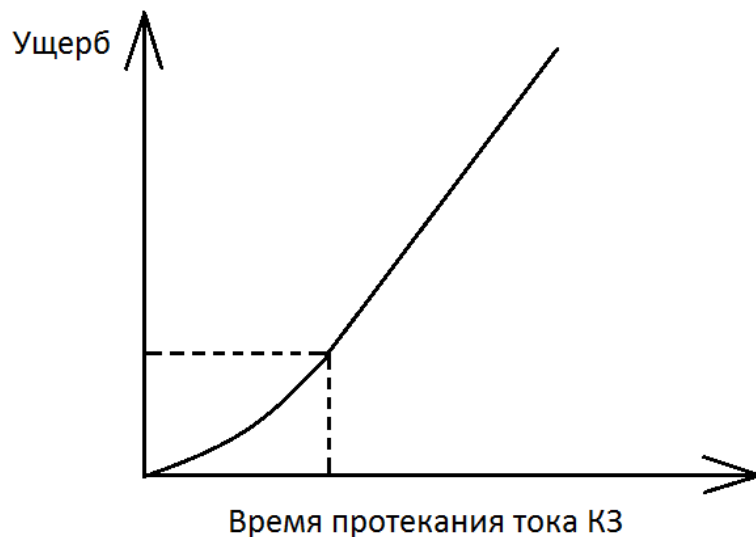


Рисунок 1 – Зависимость ущерба от времени протекания тока КЗ

Время протекания тока КЗ при котором экономический ущерб начинает существенно возрастать называется предельным временем отключения и определяется:

- запасом устойчивости синхронных машин (время до выпадения из синхронизма)
- термической стойкостью оборудования (время до разрушения элемента)
- технологическим процессом (время до расстройтва технологического процесса)

2) Селективность (избирательность). При возникновении аварийного режима должен быть отключен только тот участок, на котором обнаружен ненормальный режим.

3) Чувствительность. РЗ должна обнаруживать аварийные режимы даже с самыми минимальными значениями аварийных параметров.

4) Надежность. Защита должна исправно функционировать в заданных условиях.

Основные направления улучшения характеристик релейной защиты, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – способы улучшения показателей РЗА

Современная релейная защита			
Улучшение быстродействия	Обеспечение селективности	Повышение чувствительности	Повышение надежности
- совершенствование приводов выключателей - внедрение более производительных алгоритмов работы	- применение комплектов защит разных типов - совершенствование алгоритмов	- уменьшение погрешностей измерительных трансформаторов - внедрение алгоритмов, учитывающих большее число параметров режимов	- модификация элементной базы - повышение стабильности работы алгоритмов

Таким образом, из таблицы 1 можно сделать вывод о том, что совершенствование элементов РЗА осуществляется двумя основными способами – за счёт модификации её элементной базы и за счёт разработки новых алгоритмов работы.

Основные типы элементной базы РЗА представлены на рисунке 2.

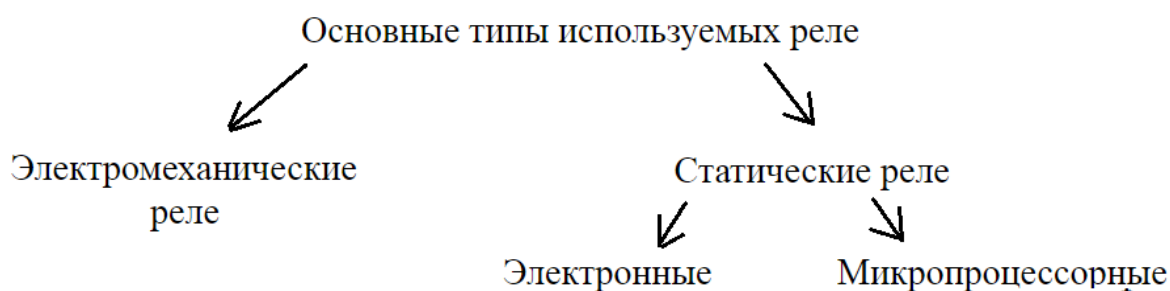


Рисунок 2 – Основные виды элементной базы реле

Электромеханические реле – наиболее распространенный вид электрических реле, в которых электрический сигнал вызывает механическое перемещение подвижных частей, что приводит к размыканию или замыканию исполнительных контактов. Наличие движущихся деталей снижает надежность. Контакты реле со временем подгорают и окисляются, теряют способность прижиматься друг к другу с подпружиниванием, как следствие, появляется переходное сопротивление или контакт вовсе исчезает. Электромеханические реле чувствительны к пыли и влаге. Существуют герметичные модели, но у них нет возможности для ревизии контактов.

На смену электромеханическим реле были разработаны реле, в которых применяются полупроводниковые материалы. В таких устройствах из механики имеется только контактная система. Все элементы находятся внутри неразборного закрытого корпуса и не предполагают какого-либо ремонта и обслуживания. Из достоинств следует отметить повышенную надежность, большой срок эксплуатации, быстрое действие, возможность массового применения, работоспособность в любом положении и т.д. Главные недостатки таких реле – это высокая цена по сравнению с электромеханическими и сильная зависимость от температурного режима.

Наиболее современными являются микропроцессорные устройства релейной защиты. Основное преимущество таких защит – многофункциональность. Помимо реализации защиты оборудования, микропроцессорные терминалы производят замеры параметров сети и выводят их на цифровой экран. Кроме того, при использовании таких устройств отсутствует необходимость в установке дополнительных приборов измерения. Из этого можно выделить еще одно достоинство – компактность. Микропроцессорный терминал синхронизируется с системой SCADA, на которой отображается вся схема подстанции, значения электрических величин по каждому присоединению и позволяет диспетчерскому персоналу контролировать рабочий процесс, а также своевременно фиксировать возникшие аварийные ситуации. Основными недостатками микропроцессорных устройств являются высокая стоимость, узкий диапазон рабочих температур, неремонтопригодность и сбои в программном обеспечении.

Основные достоинства и недостатки используемых типов релейной защиты сведены в таблице 2.

Таблица 2 – Достоинства и недостатки современных РЗА

	Типы устройств релейной защиты		
	Электромеханическое	Полупроводниковые	Микропроцессорные
Достоинства	- простота использования - ремонтпригодность - обслуживаемость - низкая цена	- надежность - быстрое действие - компактность - точность	- компактность - надежность - быстрое действие - многофункциональность
Недостатки	- громоздкость - ненадежность - ограниченная функциональность	- необслуживаемые - высокая цена - зависимость от температур	- высокая цена - сбои программного обеспечения - необслуживаемые

	-существенная погрешность		- зависимость от температур
--	---------------------------	--	-----------------------------

Из таблицы видно, что внедрение новых технологий и использование более современных материалов в устройствах релейной защиты приводит к повышению многофункциональности терминалов, надежности, быстродействию и точности, но в тоже время возникают существенные недостатки, такие как повышение цены, неремонтопригодность и возрастание требовательности к условиям эксплуатации.

Помимо совершенствования элементной базы релейной защиты, одним из перспективных направлений улучшения характеристик РЗ является совершенствование алгоритмов ее работы. Главным направлением которого выступает создание алгоритмов на базе искусственного интеллекта. Алгоритмы построенные на основе нейронных сетей имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными, работающими по строго заданным параметрам. Нейронные сети позволяют учитывать предшествующее состояние системы, самообучаться, проводить самонастройку и адаптироваться под различные режимы работы. Помимо этого использование алгоритмов на основе нейронных сетей полностью удовлетворяет стандарту МЭК-61850, что немаловажно в вопросе актуальности.

В научном мире не так много исследований и статей, посвященных разработке защиты, работающей на основе искусственного интеллекта. Как правило, в существующих работах рассматривается создание защиты дистанционного типа на базе нейронной сети или нечеткой логики, или их комбинации. В работе [2] реализована дистанционная защита с использованием нейронной сети прямого распространения. Результатом исследования стало создание нейронной сети, успешно отключающей сеть при повреждениях в зонах ее действия. Однако возникновение на участках сразу нескольких повреждений приводило к ложным срабатываниям защиты или вовсе ее нечувствительности.

В статье [3] была предложена система на базе искусственного интеллекта также для дистанционного принципа защиты линий. Представленная система ИИ демонстрирует способность успешно решать поставленные задачи релейной защиты. Но наблюдается существенная погрешность определения аварийных режимов нейронной сетью для различных переходных сопротивлений, времени и типа замыканий (>8%).

В работе [4] представлена нейронная сеть в основе работы дистанционной защиты. В статье приведено сравнение алгоритма работы созданной нейронной сети и алгоритма Фурье. Из сравнения видно, что алгоритм на основе нейронной сети обеспечивает лучшую производительность и меньшее время отключения повреждения вне зависимости от длины линии электропередач напряжением до 345 кВ. Тем не менее, алгоритм Фурье является более точным, чем алгоритм на основе нейронной сети для случаев, когда уровень напряжения линий превышает 345 кВ. Авторы отмечают следующие причины этого явления:

- 1) Наличие в высоковольтных линиях эффекта бегущих волн;

2) Использование для обучения моделей первого порядка

Проблема защиты трансформаторов освещена в работе [5] В этой статье предложен алгоритм дифференциальной защиты трансформатора с использованием нейронной сети, реализован метод гармонического ограничения на основе дискретного преобразования с преобразованием Фурье. Основной задачей исследования являлось решение проблемы распознавания внутренних повреждений трансформаторов и токов высших гармоник, токов намагничивания. Предложенный алгоритм основан на методике идентификации формы волны, которая является более точной, чем традиционная методика, основанная на гармонических ограничениях, особенно в случае современных силовых трансформаторов, обладающих сердечниками из материалов с улучшенными магнитными свойствами. В этих условиях, стандартные методы идентификации гармоник могут приводить к ошибке из-за того, что при внутренних повреждениях увеличивается амплитуда второй гармоники тока, в то время как при броске тока намагничивания вторая гармоника отсутствует или проявляется слабо. Решить эту проблему возможно с использованием метода ограничения гармоник или метода симметричных составляющих, но их применение требует большего количества времени. Предложенный авторами статьи оптимизированный метод прост по архитектуре, быстр в работе и надежен. Из-за присутствия второй гармоники во время внутренней неисправности, цифровому реле понадобится больше времени для принятия решения об отключении (один цикл или более одного цикла). Алгоритм, основанный на нейронной сети, способен обнаруживать такую неисправность за 6 мс (половина цикла).

В статье [6] также рассмотрен вопрос использования нейронных сетей в дистанционной защите. В работе представлен алгоритм работы нейронной сети, при работе на одной из фаз питающей сети. Использован фильтр для устранения шумов. Но все испытания проводились только при коротких замыканиях на землю. Случаи трехфазных коротких замыканий требуют более подробного рассмотрения.

Как видно из проведенного анализа, несмотря на то, что применение искусственных нейронных сетей в релейной защите показывает хорошие результаты, данный вопрос в научной литературе проработан не в полном объеме, и исследования, посвященные использованию ИНС в устройствах РЗА, являются актуальными.

Список литературы

1 Папков, Б. В. Электроэнергетические системы и сети. Токи короткого замыкания : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / Б. В. Папков, В. Ю. Вуколов. – 3-е изд., испр. и доп. – М. : Издательство Юрайт, 2017. — 353 с. — (Серия : Бакалавр и магистр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-8148-3.

2 Rezaei N., Haghifam M. R. Protection scheme for a distribution system with distributed generation using neural networks / International Journal of Electrical Power & Energy Systems. – 2008. – Т. 30. – №. 4. – С. 235-241

3 Tamer S. Kamel, M.A. Moustafa Hassan, Ahdab El-Morshedy Применение систем искусственного интеллекта в дистанционной защите линии электропередачи // Международная научно-техническая конференция. – 2009. С. 30-37.

4 Ricardo Caneloi dos Santos a, Eduardo Cesar Senger Transmission lines distance protection using artificial neural networks // International Journal Electrical Power and Energy Systems. – 2011. С. 721-730

5 Deacha Puangdownreong Power Transformer Differential Protection Based on Neural Network Principal Component Analysis, Harmonic Restraint and Park's Plots // Hindawi Publishing Corporation Advances in Artificial Intelligence – 2012. С. 1-9.

6 Gaganpreet Chawla, Mohinder S. Sachdev, G. Ramakrishna DESIGN, IMPLEMENTATION AND TESTING OF AN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK BASED ADMITTANCE RELAY// Symposium on Power Plants and Power Systems Control - 2008. С. 125-130

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПУСКА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Веремеев А.А., Митрофанов С.В., канд. тех. наук, доцент
Оренбургский государственный университет

На сегодняшний день одним из наиболее актуальных форм метода математического моделирования, использующий способы вычислений на основе персональных компьютеров и программного обеспечения, которые будут использовать алгоритмы численного решения, будет являться вычислительный эксперимент. Этот метод замещает проводимые исследования с использованием дорогостоящей и труднодоступной материальной базы, экспериментов в виртуальной среде на электронно-вычислительной машине.

В современной промышленности из общего числа электрических машин, задействованных в производстве различного рода продукции наибольшую долю составляют асинхронные двигатели, на них приходится свыше половины мирового электропотребления.

Ограничение средств, выделяемых на ремонт электрооборудования часто являются причиной сокращением предприятием объема ремонта. На практике зачастую ввиду сопряжения различных факторов реальный срок службы асинхронных машин и их узлов не достигает заявленной номинальной заводской величины. Из основных причин можно выделить выбор не обладающих достаточной точностью средств и способов оценки технического состояния, малый уровень текущего ремонта и обслуживания электрических машин и тяжелые условия эксплуатации в различных промышленности (особенно с наличием агрессивных сред).

В трехфазном асинхронном двигателе при рассмотрении отрезка времени, начиная с момента включения, будет иметь зависимость не величина, а пространственное направление апериодической составляющей потока [1]. Ввиду таких обстоятельств апериодические токи в фазах обмотки статора, находящейся в неподвижном состоянии, будут зависеть от момента включения. Самое значительное влияние будет оказывать апериодическая составляющая в фазе, в которой в момент времени включения напряжение будет проходить через ноль.

При рассмотрении времени разбега при пуске ненагруженного двигателя, стоит воспользоваться упрощенным анализом, при котором не буду учитываться переходные электромагнитные процессы и статический момент сопротивления, в данном случае будет иметь нулевую величину.

В случае, когда $M_{ст} = M_{мех} + M_0 = 0$, то уравнение равновесия моментов двигателя, будет выглядеть таким образом:

$$M = M_j \quad (1)$$

или

$$M = J \frac{d\omega}{dt} \quad (2)$$

Величина механической постоянной времени пуска до синхронной скорости вращения ω_1 , может быть определена из условия, что $M = M_M$, после подставления данного выражения в уравнение 2 и проводя интегрирование, имеем:

$$T_M = \int_0^{\omega_1} \frac{J}{M_M} d\omega \quad (3)$$

Рассмотрим дифференциальные уравнения АМ с фазным ротором, у которой обмотка ротора приведена к обмотке статора. В этом случае индуктивность взаимной индукции между обмоткой статора и обмоткой ротора и взаимная индуктивность между обмоткой ротора и обмоткой статора будут равны ($M_{1,2} = M_{2,1} = M$). Можно рассмотреть дифференциальные уравнения АМ и с не приведенной обмоткой ротора.

Дифференциальные уравнения для обмотки статора:

$$\begin{cases} \dot{U}_{1A} = r_{1A} \cdot i_{1A} + \frac{d\Psi_{1A}}{dt} \\ \dot{U}_{1B} = r_{1B} \cdot i_{1B} + \frac{d\Psi_{1B}}{dt} \\ U_{1C} = r_{1C} \cdot i_{1C} + \frac{d\Psi_{1C}}{dt} \end{cases} \quad (4)$$

где $\dot{U}_{1A}, \dot{U}_{1B}, \dot{U}_{1C}$ - фазные напряжения, подаваемые на зажимы обмотки;

r_{1A}, r_{1B}, r_{1C} - активные сопротивления обмоток статора;

i_{1A}, i_{1B}, i_{1C} - токи в фазах обмотки статора;

$\Psi_{1A}, \Psi_{1B}, \Psi_{1C}$ - полные потокосцепления фаз обмотки статора.

Дифференциальные уравнения для обмотки ротора:

$$\begin{cases} 0 = -(r'_{2a} + R'_{2a}) \cdot i'_{2a} + \frac{d\Psi_{2a}}{dt} \\ 0 = -(r'_{2b} + R'_{2b}) \cdot i'_{2b} + \frac{d\Psi_{2b}}{dt} \\ 0 = -(r'_{2c} + R'_{2c}) \cdot i'_{2c} + \frac{d\Psi_{2c}}{dt} \end{cases} \quad (5)$$

$r'_{2a}, r'_{2b}, r'_{2c}$ - приведенные к обмотке статора активные сопротивления обмоток ротора;

$R'_{2a}, R'_{2b}, R'_{2c}$ - приведенные к обмотке статора пусковые активные сопротивления, включаемые в фазы обмотки ротора;

i_{2a}, i_{2b}, i_{2c} - токи в фазах обмотки ротора;

$\Psi_{2a}, \Psi_{2b}, \Psi_{2c}$ - полные потокосцепления фаз обмотки ротора.

Уравнения связи между токами и потокосцеплениями можно записать:

$$\begin{cases} \Psi_{1A} = \Psi_{AA} + \Psi_{AB} + \Psi_{AC} + \Psi_{Aa} + \Psi_{Ab} + \Psi_{Ac} \\ \Psi_{1B} = \Psi_{BA} + \Psi_{BB} + \Psi_{BC} + \Psi_{Ba} + \Psi_{Bb} + \Psi_{Bc} \\ \Psi_{1C} = \Psi_{CA} + \Psi_{CB} + \Psi_{CC} + \Psi_{Ca} + \Psi_{Cb} + \Psi_{Cc} \\ \Psi_{2a} = \Psi_{aA} + \Psi_{aB} + \Psi_{aC} + \Psi_{aa} + \Psi_{ab} + \Psi_{ac} \\ \Psi_{2b} = \Psi_{bA} + \Psi_{bB} + \Psi_{bC} + \Psi_{ba} + \Psi_{bb} + \Psi_{bc} \\ \Psi_{2c} = \Psi_{cA} + \Psi_{cB} + \Psi_{cC} + \Psi_{ca} + \Psi_{cb} + \Psi_{cc} \end{cases} \quad (6)$$

где Ψ_{AA} - собственное потокосцепление фазы А статора;

Ψ_{AB} - взаимное потокосцепление между фазой А статора и фазой В статора;

Ψ_{AC} - взаимное потокосцепление между фазой А статора и фазой С статора;

Ψ_{Aa} - взаимное потокосцепление между фазой А статора и фазой а ротора;

Ψ_{Ab} - взаимное потокосцепление между фазой А статора и фазой b ротора;

Ψ_{Ac} - взаимное потокосцепление между фазой А статора и фазой с ротора.

При реализации пуска асинхронной машины, были заданы и определены начальные параметры. Расчет выполнялся с использованием программного продукта MathCAD.

Задаём параметры асинхронного двигателя:

Расчет двигателя 4АА63В2У3

Вводим данные из базы данных справочника

Номинальная мощность двигателя: $P_2 := 550$ Вт

Активное сопротивление обмотки статора по Г-образной схеме замещения: $r_1' := 0.13$ о.е.

Активное сопротивление обмотки ротора по Г-образной схеме замещения: $r_2'' := 0.096$ о.е.

Индуктивное сопротивление обмотки статора по Г-образной схеме замещения: $x_1' := 0.049$ о.е.

Индуктивное сопротивление обмотки ротора по Г-образной схеме замещения: $x_2'' := 0.083$ о.е.

Индуктивное сопротивление взаимной индукции: $x_m' := 2.5$ о.е.

Период изменения напряжения: $T := 2 \cdot \pi$ Номинальное скольжение, о.е.: $s_n := 0.085$

Угол сдвига между осями фаз: $\phi := \frac{T}{18}$ Частота питания сети, Гц: $f_1 := 50$

Действующее значение напряжения фазы, В: $U := 220$ Число пар полюсов: $p_1 := 1$

Коэффициент полезного действия, о.е.: $\eta := 0.73$

Коэффициент мощности, о.е.: $\cos \phi := 0.86$

Число фаз обмотки статора: $m := 3$

Вычислим номинальный фазный ток статора: $I_{nom} := \frac{P_2}{m \cdot U \cdot \eta \cdot \cos \phi}$ $I_{nom} = 1.327$ А

Угловая скорость вращения магнитного поля статора: $\omega := 2 \cdot \pi \cdot \frac{f_1}{p_1}$ $\omega = 314.159$ рад/сек

Коэффициент трения покоя: $K_{tr} := 1.0$

Момент инерции кг*м² $J := 0.0009$

Период изменения тока: $T_f := \frac{1}{f_1}$

Рисунок 1 – Исходные параметры синхронной машины

Реальное индуктивное сопротивление рассеяния обмотки статора вычислим по формуле:

$$x_1 := \frac{2 \cdot x_1' \cdot x_m'}{x_m' + \sqrt{x_m'^2 + 4 \cdot x_1' \cdot x_m'}} \cdot \frac{U}{I_{nom}} \quad x_1 = 7.968 \quad \text{Ом}$$

Активное сопротивление обмотки статора: $r_1' = 0.13$

Индуктивное сопротивление взаимной индукции: $x_m := x_m' \cdot \frac{U}{I_{nom}}$ $x_m = 414.348$ Ом

Коэффициент, определяющий отношение подведенного напряжения сети к ЭДС АД при холостом ходе:

$$c_1 := 1 + \frac{x_1}{x_m} \quad c_1 = 1.019 \quad \frac{x_m}{2 \cdot \pi \cdot f_1} = 1.319$$

$$r_1 := \frac{r_1'}{c_1} \cdot \frac{U}{I_{nom}} \quad r_1 = 21.14 \quad \text{Ом}$$

Приведенное активное сопротивление обмотки ротора: $r_2' := r_2'' \cdot \frac{U}{I_{nom} \cdot c_1^2}$ $r_2' = 15.316$ Ом

Приведенное индуктивное сопротивление рассеяния обмотки ротора: $x_2' := x_2'' \cdot \frac{U}{I_{nom} \cdot c_1^2}$ $x_2' = 13.242$ Ом

Взаимная индуктивность: $M := \frac{2}{3} \cdot \frac{x_m}{2 \cdot \pi \cdot f_1}$ $M = 0.879$ Гн

Индуктивности рассеяния обмоток: $L\sigma_1 := \frac{x_1}{2 \cdot \pi \cdot f_1}$ $L\sigma_1 = 0.025$ Гн $L\sigma_2 := \frac{x_2'}{2 \cdot \pi \cdot f_1}$ $L\sigma_2 = 0.042$

$$L_1' := \frac{M + L\sigma_1}{M} = 1.029 \quad L_2' := \frac{M + L\sigma_2}{M} = 1.048 \quad d := \frac{-1}{2}$$

Рисунок 2 – Исходные параметры синхронной машины

Были получены характеристики токов статора, токов ротора, электромагнитного момента:

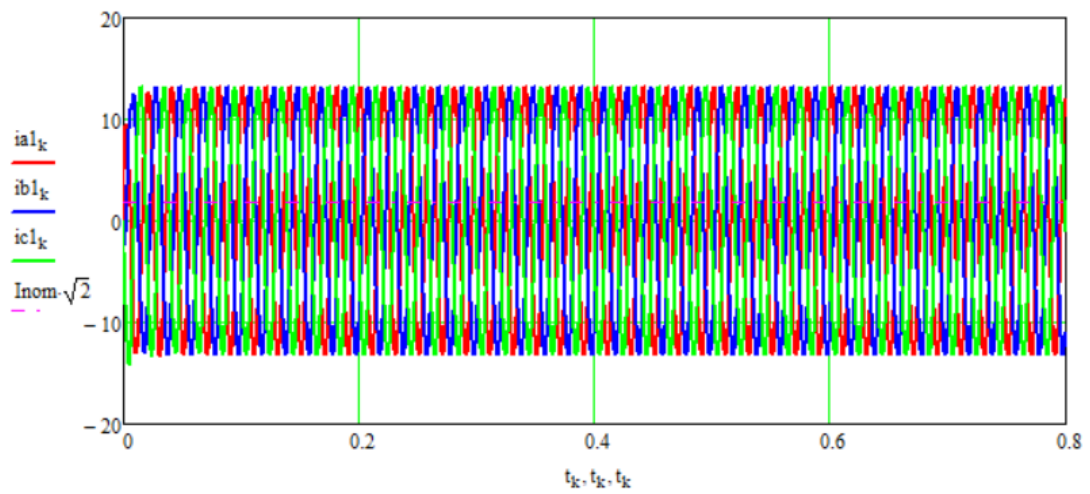


Рисунок 3 - Кривые токов статора i_{1a} , i_{1b} , $i_{1c}=f(t)$

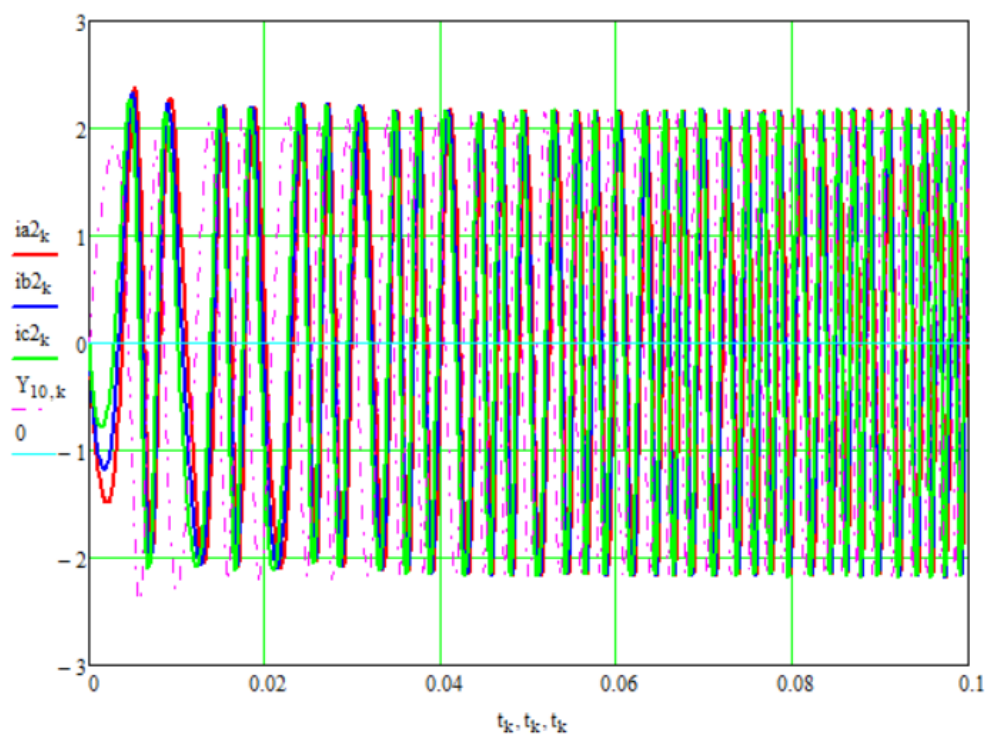


Рисунок 4 - Кривые токов ротора i_{2a} , i_{2b} , $i_{2c}=f(t)$

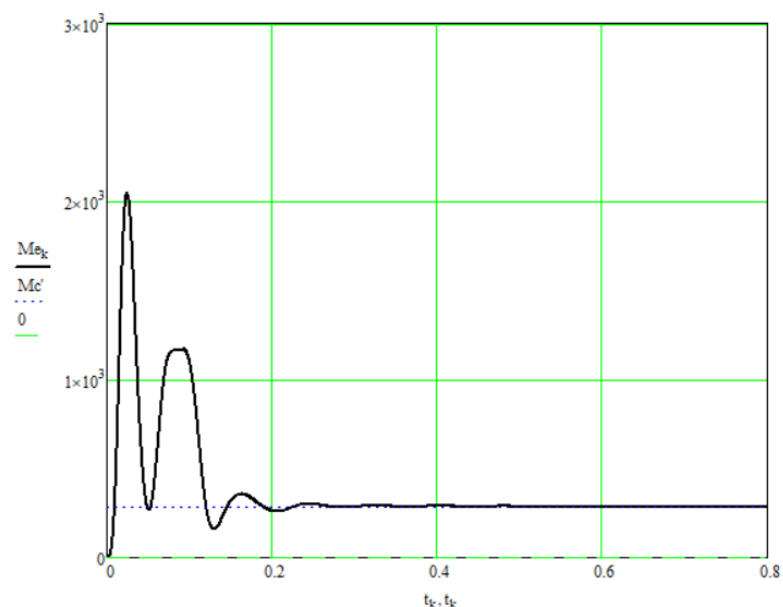


Рисунок 5- Динамическая характеристика электромагнитного момента $M_3(t)$

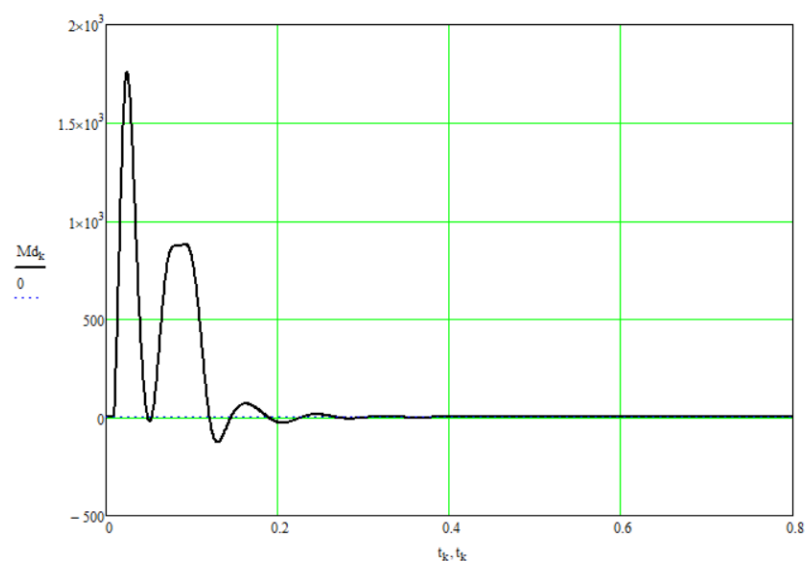


Рисунок 6- Динамическая характеристика динамического момента $Jd(d(t))$

Список литературы

1. Кулик, Ю. А. Электрические машины [Текст] : учеб. пособие / Ю. А. Кулик . - М. : Высш. шк., 1971. - 456 с. : ил.. - Библиогр.: с. 451.
2. Митрофанов, С. В. Разработка аппаратно-измерительного стенда для диагностирования асинхронных двигателей [Электронный ресурс] / Митрофанов С. В., Веремеев А. А. // Энергетика: состояние, проблемы, перспективы : труды VII Всерос. науч.-техн. конф., 21-23 окт. 2014 г., Оренбург / М-во образования и

науки РФ, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Электрон. дан. - Оренбург: Университет, 2014. - . - С. 216-221. . - 6 с.

3. Митрофанов, С. В. Программное обеспечение для моделирования переходных процессов в асинхронном двигателе [Электронный ресурс] / Митрофанов С. В., Веремеев А. А. // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : материалы Всерос. науч.-метод. конф., 1-3 февр. 2017 г., Оренбург / М-во образования и науки РФ, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Электрон. дан. - Оренбург: ОГУ, 2017. - . - С. 457-461 . . - 5 с.

4. Митрофанов, С. В. Методика моделирования переходных процессов в асинхронных двигателях [Электронный ресурс] / Митрофанов С. В., Веремеев А. А. // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : материалы Всерос. науч.-метод. конф. (с междунар. участием), 3-5 февр. 2016 г., Оренбург / М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Электрон. дан. - Оренбург: ОГУ, 2016. - . - С. 313-318. . - 6 с.

5. Митрофанов, С. В. Методика автоматизированных испытаний асинхронного двигателя [Электронный ресурс] / Митрофанов С. В., Веремеев А. 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. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург, 2014. - . - С. 358-360. . - 3 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ АДАПТИВНОГО РАЗЛОЖЕНИЯ РЕГИСТРОГРАММ

**Влацкая Л.А., канд. техн. наук, доцент, Скачков А.С.
Оренбургский государственный университет**

Эксплуатация электроэнергетических систем (ЭЭС) связана с непрерывным мониторингом параметров электрического режима (ПЭР), одной из важнейших задач которого является идентификация регистрограмм. Для их анализа необходимы методы, способные обеспечить адекватную с определенной степенью точностью идентификацию и по частоте, и по времени, и по амплитуде.

В основе большинства используемых в настоящее время методов анализа регистрограмм, среди которых: спектральный анализ Фурье (Д. Габор, Дж. Вилль и др.), вейвлет преобразование (И. Добеши, И. Мейер, Р. Коифман, И. Я. Новиков и др.) лежит предположение о стационарности или линейности исследуемых регистрограмм [1,2]. Однако реальные регистрограммы, получаемые от объектов ЭЭС, наиболее вероятно будут нелинейными и нестационарными.

Основными недостатками разработанных методов анализа регистрограмм являются: предварительная обработка данных (заполнение пропусков, редактирование аномалий, сглаживание, обнаружение дубликатов и противоречий и т.п.) и использование априорно заданного базиса. Это вносит определенные погрешности при идентификации регистрограмм и, как следствие, может привести к неадекватному управлению объектами электроэнергетической системы и нарушению ее статической устойчивости.

В этой связи интерес представляют методы адаптивного разложения регистрограмм, достоинством которых является формирование адаптивного базиса разложения, зависящего от анализируемых данных.

В работы представлен сравнительный анализ следующих методов адаптивного разложения регистрограмм: сингулярный спектральный анализ (Singular spectrum analysis (SSA)); эмпирическая модовая декомпозиция (Empirical Mode Decomposition (EMD)); множественная эмпирическая модовая декомпозиция и комплементарная множественная декомпозиция.

Спектральный сингулярный анализ представляет собой преобразование исходного одномерного ряда (регистрограммы) в многомерный посредством процедуры, иногда называемой «Гусеницей», исследовании полученной многомерной траектории методом главных компонент и последующим восстановлении ряда [3]. При таком подходе появляется возможность выделения отдельных слагаемых исходной регистрограммы, таких как: медленный тренд общего вида, медленные сезонные составляющие, периодические составляющие (при их наличии) и случайные вариации.

Алгоритм метода включает четыре основных этапа [3].

1) Развертка одномерного ряда в многомерный.

Выбирается «размер гусеницы» $M < N$ (N – длина всего исследуемого ряда $f(t)$) и формируется матрица X , количество строк которой: $k = N - M + 1$. Первой

строкой матрицы X являются первые M значений ряда $f(t)$, второй – значения $f(t)$ с момента времени t_2 по t_{M+1} и т.д.

2) Анализ главных компонент.

– вычисляется матрица: $V = \frac{X^T \cdot X}{k}$;

– осуществляется разложение: $V = P \Lambda P^T$, где Λ – диагональная матрица, на диагонали которой стоят упорядоченные по убыванию собственные числа матрицы V , а P – ортогональная матрица собственных векторов матрицы V .

3) Отбор главных компонент.

$$y_j[l] = \sum M_{q=1} \cdot x_{lq} \cdot P_{jq} = \sum M_{q=1} \cdot x_{l+q-1} \cdot P_{jq}.$$

4) Восстановление одномерного ряда.

Процедура основана на разложении $X = Y^* \cdot P^T$, где матрица Y^* получена из матрицы Y обнулением всех не входящих в набор главных компонент.

Основным недостатком метода SSA является то, что он дает только спектр внутренних компонент сигнала (регистрамм), определенных матрицей эмпирических собственных функций, но это распределение само по себе не предполагает амплитудного или частотного содержания сигнала. Помимо этого следует отметить невысокую «скоростную возможность» метода, что не позволяет проводить обработку регистрограмм в режиме on-line, а также необходимость предварительной линеаризации регистрограмм.

Эмпирическая модовая декомпозиция представляет собой итерационный процесс разложения исходного сигнала на эмпирические моды (IMF – внутренние колебания) – функции, отвечающие следующим требованиям:

1. Количество локальных экстремумов и количество пересечений с осью абсцисс не должно отличаться более чем на единицу.

2. В любой точке функции среднее значение огибающих линий, определенных локальными максимумами и локальными минимумами, должно быть нулевым.

Классический алгоритм *EMD* состоит из следующих процедур [4]:

1) идентификация экстремумов $ext_{\max}$ и $ext_{\min}$ сигнала $f(t)$;

2) формирование огибающих: верхней $e_{\max}(t)$, аппроксимирующей локальные максимумы и нижней $e_{\min}(t)$, аппроксимирующей локальные минимумы;

3) формирование средней $m(t)$;

4) отсеивание прото-*IMF*;

5) проверка критерия *S*-номера;

6) формирование остатка;

7) проверка на монотонность остатка.

Достоинствами метода *EMD* является, во-первых, формирование адаптивного базиса разложения – эмпирических мод, функционально зависящих от регистрограмм, во-вторых, отсутствие первоначальной предобработки регистрограмм, связанной с линеаризацией исследуемых нелинейных процессов

(сигналов). EMD применяется для разложения нелинейных и нестационарных сигналов.

Недостатками классического EMD являются: возможное смешивание мод, в котором несоизмеримые масштабы появляются в одной модовой функции, а также возможное фрагментирование когерентного сигнала и появление разделенными частями в более, чем в одном компоненте IMF.

Для устранения указанных недостатков был разработан новый тип модовой декомпозиции – *множественная эмпирическая модовая декомпозиция* (EEMD). Она основывается на многократном добавлении к исходному сигналу в процессе разложения белого шума с определением среднего значения эмпирических мод как искомого результата. Конечный, не бесконечно малый по амплитуде белый шум делает сигналы в приближениях к модовым функциям сопоставимыми со значениями участков сигнала несоизмеримых масштабов и находящихся в различных точках приближения IMF для получения всех возможных решений в процессе отсеивания [5].

К недостаткам EEMD следует отнести то, что добавление белого шума, во-первых, увеличивает время разложения регистрограмм, а во-вторых, выделенные IMF неизбежно будут содержать этот шум, особенно когда количество итераций при разложении относительно небольшое.

Решением этой проблемы является использование другого алгоритма под названием *комплементарная множественная декомпозиция на эмпирические моды* (CEEMD) [6,7]. В CEEMD к анализируемому сигналу добавляются шумы, инвертированные по знаку, т.е. каждый шум используется в паре со знаками плюс (позитивный) и минус (негативный). Таким образом, генерируются два множества модовых функций, состоящих из исходных данных и добавленного шума:

$$\begin{bmatrix} M_1 \\ M_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} s \\ n \end{bmatrix},$$

где s – анализируемый сигнал;

n – добавленный шум;

M_1 – сумма первоначальных данных с позитивным шумом;

M_2 – сумма первоначальных данных с данными шума с негативным шумом.

Проведенный сравнительный анализ методов адаптивного разложения регистрограмм позволил заключить, что для исследования регистрограмм ЭЭС наиболее целесообразным является классический метод эмпирической модовой декомпозиции (EMD), так как он предназначен для разложения нелинейных и нестационарных сигналов и не вносит значительную погрешность в получаемый результат.

Список литературы

1. Семенова, Л. А. В-сплайн разложение нелинейных сигналов в электроэнергетических системах / Л. А. Семенова // Вестник Иркутского государственного университета. – 2016. – № 7. – С. 151-161.

2. Huang, N.E. The empirical mode decomposition and the Hilbert spectrum for nonlinear and non-stationary time series analysis / N.E. Huang, Zheng Shen, R. L. Steven // Proceedings of the Royal Society of London A. –1998. – Vol. 454. – P. 903-995.

3. Данилов, Д. Л. Главные компоненты временных рядов: Метод «Гусеница» / Д. Л. Данилов, А. А. Жиглявский. – СПб. : СПбГУ, 1997. – 308 с. [Компьютерная версия в сети Интернет]. – Режим доступа: <http://www.gistatgroup.com/gus>. – дата обращения: 25.12.2018.

4. Norden, E. Huang. The Hilbert-Huang transform and its applications/ - 2nd Edition / Norden E. Huang, Samuel S.P. Shen // Interdisciplinary Mathematical Sciences. Vol. 16. – World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2014. – 381 p.

5. Алимуратов, А. К. Исследование частотно-избирательных свойств методов декомпозиции на эмпирические моды для оценки основного тона речевых сигналов / А. К. Алимуратов // Труды МФТИ. Инжиниринг и телекоммуникация. – 2015. – № 4. – С. 56-68.

6. Алимуратов, А. К. Применение комплементарной множественной декомпозиции на эмпирические моды для анализа речевых сигналов / А. К. Алимуратов // Труды МФТИ. Инжиниринг и телекоммуникация. – 2014. – № 4. – С. 69-75.

7. Yeh, J.-R. Complementary ensemble empirical mode decomposition: A novel noise enhanced data analysis method / J.-R. Yeh, J.-S. Shieh, N. E. Huang. Adv. Adapt. Data Anal. – 2010. – № 2. – С. 135–156.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

**Влацкая Л.А., канд. техн. наук, доцент, Горшкова А.И.
Оренбургский государственный университет**

Инженерная деятельность в современных условиях тесно связана с использованием систем автоматизированного проектирования (САПР), поскольку их применение способствует сокращению не только сроков проектирования (до 8-12 месяцев), но и стоимости проектирования (в среднем на 30%-40%) [1].

САПР могут быть классифицированы по функциональным возможностям на три класса [2]:

- системы малой мощности («легкие»). Эти САПР служат для выполнения почти всех работ с двумерными чертежами и имеют ограниченный набор функций по трехмерному моделированию. Примеры: CAD-системы – AutoCAD (до версии 13), ADEM/CAD (до версии 3), T-FLEX CAD 2D, КОМПАС 2D, SprutCAD 2D, в последнее время – MechaniCS, ElectriCS, TechnologiCS; CAM-системы – NC Tool, ADEM/NC (до версии 3), T-FLEX ЧПУ 2D и др.; CAE-модули – Working Model 2D (анализ механизмов);

- системы средней мощности. По своим возможностям они полностью охватывают «легкие» САПР, а также обеспечивают автоматизацию нескольких взаимосвязанных этапов подготовки производства. Могут содержать средства как функционального проектирования (CAE), так и конструкторской (CAD) и технологической (CAM) подготовки производства. Примеры: CAD-системы – SolidWorks, SolidEdge, Autodesk Mechanical Desktop, ADEM/CAD (от версии 3), T-FLEX CAD 3D, КОМПАС 3D; CAM-системы – SolidCAM, EdgeCAM, ADEM/NC (от версии 3), Гемма 3D, T-FLEX ЧПУ 3D, SprutCAM и др.; CAE-системы – Design Space (ANSYS AutoFEA), Visual NASTRAN, CosmosWorks, Dynamic Designer (Motion, Thermal, ...), T-FLEX / ИСПА и др. К системам среднего класса относятся также «облегченные» версии мощных систем – Prelude, PT/Products, UG/Creator;

- системы высокой мощности («тяжелые»). Эти САПР обеспечивают автоматизацию всех этапов подготовки производства. К этой категории относятся многофункциональные интегрированные системы универсального назначения, а также специализированные автономные комплексы инженерного анализа (CAE). Примеры: CAE/CAD/CAM-системы – Unigraphics, Pro/engineer, CATIA, Euclid, IDEAS. Примыкают к этой группе системы Cimatron, MicroStation. Автономные CAE-системы – ANSYS, NASTRAN, PATRAN и др.

По результатам проведенного в России в 2018 году Интернет-опроса, направленного на выявление наиболее предпочтительной для пользователей САПР, было установлено что: 40,52% голосов отдано за КОМПАС-3D; 23,75% – за AutoCAD и 19,85% – за Solidworks [3]. Результаты опроса представлены на рисунке 1.

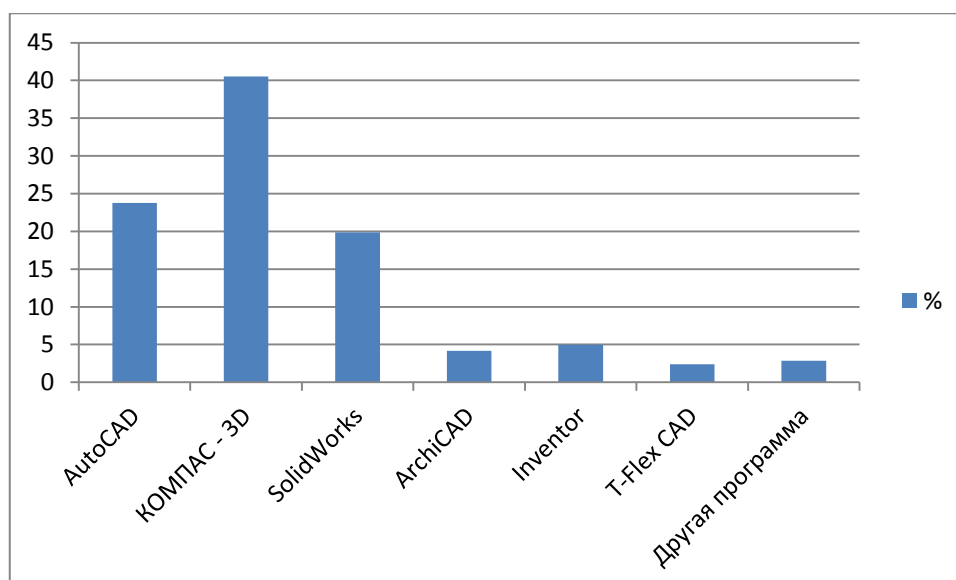


Рисунок 1 – Результаты опроса

На основании приведенного рейтинга популярности систем автоматизированного проектирования в статье выполнен сравнительный анализ трех наиболее предпочтительных для пользователей САПР.

SolidWorks – система гибридного (твердотельного и поверхностного) параметрического моделирования, разработанная компанией «SolidWorks Corporation» (США), в настоящее время являющейся независимым подразделением компании Dassault Systemes (Франция). Позволяется осуществлять проектирование в трехмерном пространстве (3-D проектирования), а также оформлять сопутствующую конструкторскую документацию. Чертежи SolidWorks обладают двунаправленной ассоциативностью с 3D-моделями, благодаря чему размеры модели всегда соответствуют размерам на чертеже.

SolidWorks построена на геометрическом ядре Parasolid. Предоставляет возможность работы в стандартах ANSI, ISO, DIN, GIS, BSI, ГОСТ, GB [4].

AutoCAD – двух- и трехмерная система автоматизированного проектирования и черчения, разработанная компанией «Autodesk» (США). В AutoCAD используется технология адаптивного моделирования, т.е. при изменении размера одного элемента модели меняются и сопряженные с ним другие элементы модели. Это позволяет сконцентрироваться на функциональности сборки, а не на размерах составляющих ее деталей.

AutoCAD реализован на собственном ядре ASM, совместимым с ACIS и осуществляющем вывод в формат файлов SAT, который любая поддерживающая ACIS программа может читать напрямую. Поддерживает чертежные стандарты ANSI, BSI, DIN, ISO и JIS [5].

КОМПАС-3D – система, позволяющая осуществлять проектирование различных изделий, конструкций или зданий, создавать чертежи любой степени сложности «с нуля». КОМПАС-3D разработан компанией «Аксон» (Россия). Позволяет автоматически генерировать ассоциативные виды 3D моделей (в том числе разрезы, сечения, виды с разрывом и др.). Имеется возможность оформления профессиональной проектной документации. Необходимо отметить

полноценную русскоязычную локализацию интерфейса и полное соответствие чертежей государственным стандартам.

КОМПАС-3D реализован на основе собственного геометрического ядра С3D. Система ориентирована на оформления документации в соответствии с отечественными стандартами ЕСКД, ЕСТД, СПДС и международными стандартами ISO, ANSI, DIN [6].

В таблице 1 представлено линейное сравнение рассматриваемых САПР.

Таблица 1 – Сравнение САПР

САПР	SolidWorks	AutoCAD	КОМПАС-3D
Фирма-производитель	SolidWorks Corporation	Autodesk	Аскон
Операционная система	Windows Vista, 7, 8 (Windows 8 только 64-разрядная)	MicrosoftWindows 8 (64-бит и 32-бит), MicrosoftWindows 7 (64-бит и 32-бит), MicrosoftWindows XP (64-бит и 32-бит)	Windows 8, 7 SP1 и выше, Vista SP2 и выше, XP SP3 (32-разрядная)
Процессор	Intel и AMD процессоры с поддержкой технологии SSE2 (рекомендуются ОС 64bit)	Для 32-разрядной версии: - для Windows 7: процессор IntelPentium 4 или двухъядерный процессор AMD Athlon с тактовой частотой 3 ГГц или выше, с поддержкой SSE2; - для Windows XP: процессор Pentium 4 или двухъядерный процессор AMD Athlon с тактовой частотой 1,6 ГГц или выше, с поддержкой SSE2. Для 64-разрядной версии процессор AMD Athlon 64, AMD Opteron, IntelXeon с поддержкой Intel EM64T или IntelPentium 4 с поддержкой Intel EM64T (все – с поддержкой SSE2)	Pentium III с тактовой частотой 800 МГц.
Память	минимум 2Гб RAM	2 Гб RAM (рекомендуется 4 Гб)	512 Мб оперативной памяти
Пространство на жестком диске	Для полной установки программы требуется не менее 5 Гб.	не менее 6 Гб	минимум 3 Гб
Простота использования интерфейса	—	+	+
Язык интерфейса	Мультиязычный	Английский, Русский	Русский
Создание твердотельных объектов	+	—	+

Продолжение таблицы 1

САПР	SolidWorks	AutoCAD	КОМПАС-3D
Сборочные объекты	+	–	+
Оформление документации по ЕСКД	–	–	+
Обмен данными	–	–	+
Стоимость	232 450 руб.	150 774 руб.	93 000 руб.

Следует отметить, что КОМПАС-3D – это отечественная разработка, которая изначально создавалась под российские стандарты. Моделирование изделий в КОМПАС-3D можно вести как: «снизу вверх» (используя готовые компоненты), так и «сверху вниз» (проектируя компоненты в контексте конструкции), опираясь на компоновочный эскиз, либо смешанным способом. Благодаря такому подходу обеспечивается легкая модификация получаемых моделей.

В настоящее время КОМПАС-3D опережает SolidWorks и AutoCAD по количеству полезных и функциональных новинок в каждой новой версии. Как показывает практика, данная САПР, по сравнению с аналогами, довольно проста для изучения, то есть последовательность действий становится доступна на интуитивном уровне.

Наличие возможностей вывода на печать любых форматов, выбора масштаба, просмотра и работы с чертежами, созданными в других CAD-системах (в том числе и AutoCAD) облегчают работу проектировщика.

Таким образом, можно сделать вывод, что наиболее оптимальной САПР для автоматизирования процесса создания чертежей и трехмерных моделей является КОМПАС-3D.

Список литературы

1. Ермолаева В. В., Николаев И. С. 3D-моделирование в энергетике // Молодой ученый. – 2014. – №9. – С. 148-150.
2. Системы автоматизированного проектирования : учеб. пособие / сост. С.В. Доронин. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2014. – 81 с.
3. Чертежи, проекты и 3D модели [Электронный ресурс]./ – Режим доступа: // www.2d-3d.ru. – 10.12.2018
4. Справочник проектировщика [Электронный ресурс]. / Электронный журнал «isicad» – Режим доступа: // <http://isicad.ru>. – 08.12.2018
5. Инструменты САПР [Электронный ресурс]. / обзор AutoCAD – Режим доступа: // www.autodesk.ru. – 08.12.2018
6. АСКОН [Электронный ресурс]. / Электронный журнал «Стремление» – Режим доступа: // https://ascon.ru/news_and_events/stremlenie. – 08.12.2018

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ STM32 В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ

**Гибаев А.З., Греков Э.Л., канд. техн. наук, доцент,
Безгин А.С., канд.техн.наук
Оренбургский государственный университет**

На сегодняшний день, у разработчиков встраиваемых систем широкую популярность имеют 32 разрядные микроконтроллеры. Связано это в первую очередь с тем, что такие контроллеры имеют большой функционал и производительность. В то же время стоимость современных 32-битных контроллеров сопоставима с 8-ми и 16-ти битными.

Одной из наиболее известных фирм производителей микроэлектроники, в том числе и микроконтроллеров, является ST Microelectronics. Выпускаемые микросхемы используются в компьютерах, системах телекоммуникаций, в бытовой электронике и автомобильной технике. 32-х разрядные микроконтроллеры семейства STM32 имеют современную и перспективную архитектуру ARM Cortex-M, разработанную специально для систем с высокой производительностью и малым энергопотреблением. Также процессоры более устойчивы к ошибкам, вызванным обработкой исключительных ситуаций и прерываний, что выгодно их выделяет на фоне таких популярных профилей, как ARM7 и ARM8.

ARM (Advanced RISC Machines) – британская компания, специализирующаяся на производстве и разработке архитектуры 32-разрядных и 64-разрядных RISC-процессоров, ориентированных на использование в портативных и мобильных устройствах.

Ядро ARM Cortex бывает в трех основных профилях:

- «А» - профиль для высокопроизводительных приложений и операционных систем. Такие микроконтроллеры устанавливаются в большинстве современных смартфонов и планшетов;

- «R» - для приложений, работающих в режиме реального времени. Применяются для создания программируемых логических контроллеров;

- «М» - профиль, созданный для бюджетных приложений. Используются для организации локальных управляющих систем, в том числе систем управления электроприводов.

Архитектура подсемейства Cortex-M включает в себя следующие ядра: Cortex-M0, Cortex-M1, Cortex-M3, Cortex-M4. Поколение M0 и M1 предназначены главным образом для низкопотребляющих, но менее производительных систем. Рассмотрим подробнее поколение M3 и M4.

В 2004 году компания STMicroelectronics выпускает относительно дешевые и энергоэкономные контроллеры линейки STM32 на базе ARM Cortex-M3. Ядро построено по Гарвардской архитектуре и включает в себя 32-битное ЦПУ, систему шин, модуль вложенных прерываний, систему отладки (Embedded Trace Macrocell – ETM, Debug Access Port - DAP) и встроенную память ОЗУ и ПЗУ.

Ядро вмещает в себя 4 Гб адресного пространства, имеет отдельные шины кода команд и данных. А архитектура SRAM (статическая оперативная память с произвольным доступом) позволяет осуществить доступ к любой ячейке памяти в любой момент за определенное количество времени.

В отличие от классического ядра ARM, в котором предусмотрено два режима работы ARM и Thumb, ядро Cortex-M3 поддерживает расширенный набор 16-разрядных инструкций ARM Thumb-2, которые позволяют получить выигрыш по объему кода на 20–30% по сравнению с 32-бит ARM-набором при незначительном снижении производительности. Кроме того исключается необходимость переключения режимов.

Ядро Cortex-M3 имеет в своем составе контроллер векторизованных вложенных прерываний (КВВП), ставший стандартным для всего семейства микроконтроллеров Cortex. Ядро соединяется с периферийными устройствами с помощью шины Advanced High-Performance Bus (AHB), позволяющей масштабировать конфигурацию микроконтроллера под необходимые задачи.

На рисунке 1 приведена блок-схема микроконтроллера Cortex-M3.

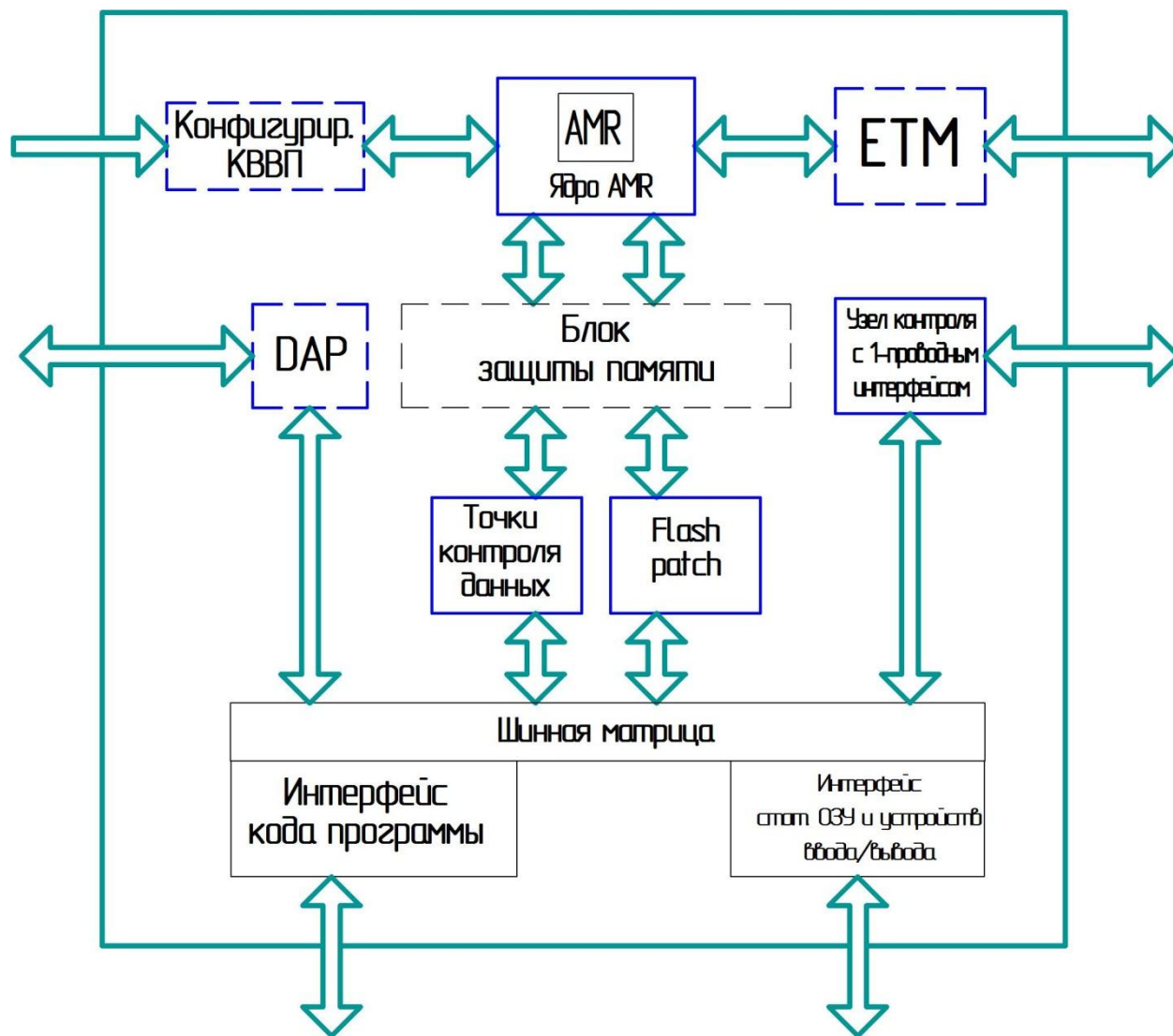


Рисунок 1 - Блок-схема микроконтроллера Cortex-M3

Ядро Cortex-M4 было выпущено в феврале 2010 года. Такие микроконтроллеры предназначены для встраиваемых систем, простых в программировании и использовании и, с другой стороны, высокопроизводительных, сочетающих функции логического управления и цифровой обработки сигналов.

Cortex-M4 имеет следующие отличительные функции:

- операции умножения с накоплением для быстрого выполнения алгоритмов цифровой фильтрации (single-cycle multiply and accumulate MAC);
 - команды арифметических операций за один такт SIMD (single instruction multiple data);
 - аппаратное выполнение арифметических операций с плавающей запятой FPU (floating point unit);
 - аппаратное деление;
 - обработка насыщения (переполнения) при арифметических операциях;
- На рисунке 2 приведена блок-схема Cortex-M4 процессора.

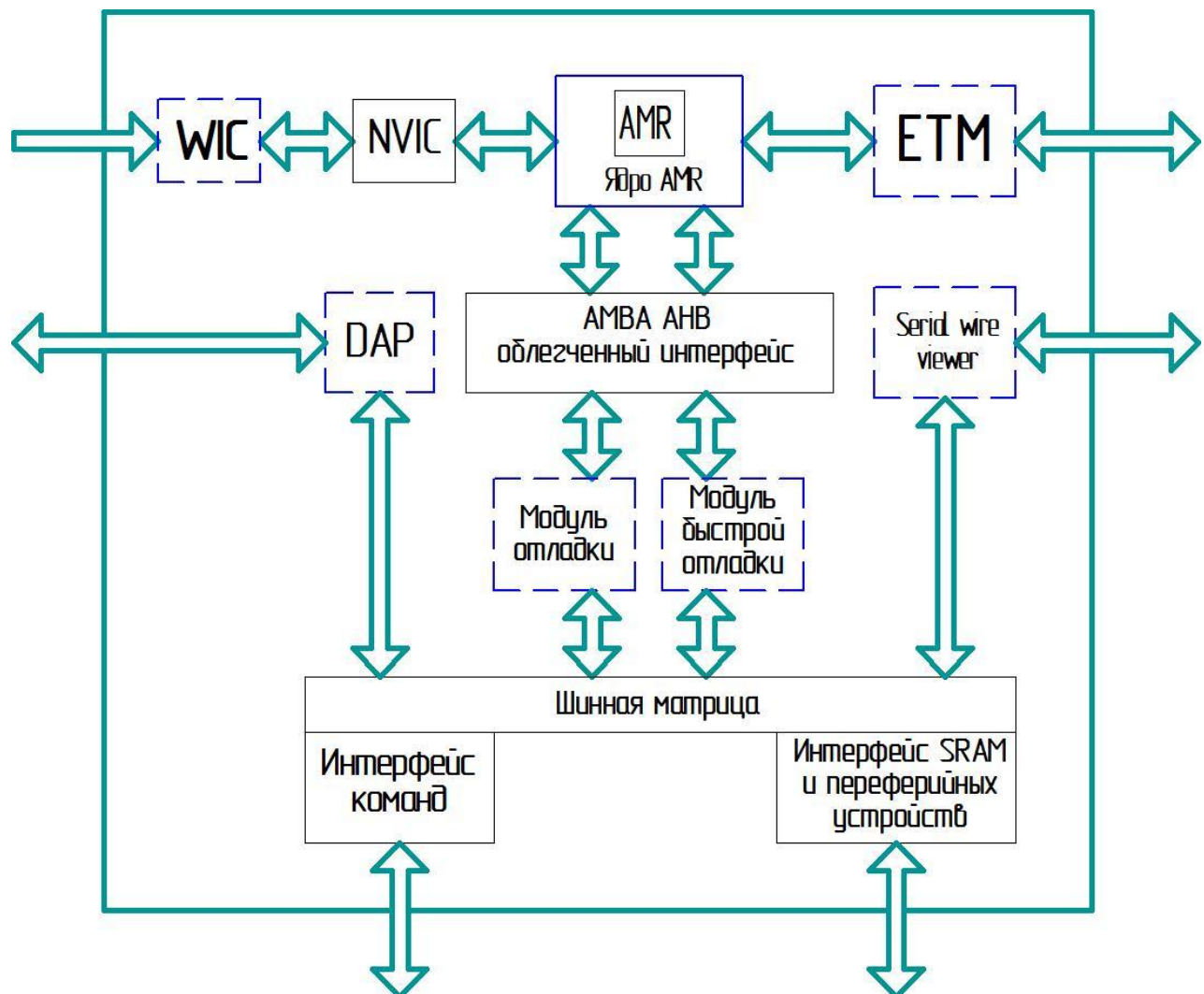


Рисунок 2 - Блок-схема Cortex-M4 процессора

Специализированный контроллер пробуждения в ядре WIC позволяет оптимизировать энергопотребление в системах с автономным питанием.

Микроконтроллеры семейства STM32 обладают развитой периферией. Так, например, STM32F407VGTx с быстродействием до 210 MIPS имеет такие встроенные модули как:

1) 3 АЦП с независимой и синхронизированной работой с возможностью подключения до 16 аналоговых каналов;

2) ЦАП с двумя выходами;

3) 14 таймеров, работающих в режиме ШИМ, цифрового компаратора, квадратурного энкодера. Таймеры могут также работать независимо или синхронно между собой;

4) развитая система коммуникационных модулей - 2 модуля CAN, 4 синхронных SPI, 6 асинхронных UART, USB в режимах FS и HS.

Быстродействие 1 модуля АЦП может достигать 1,3 млн. выборок в секунду (при 10 битах преобразования и 168 МГц тактовой частоты), что является достаточным для большинства задач управления электроприводом. Для повышения быстродействия АЦП можно применять синхронный режим работы 2-х или 3-х АЦП со сдвигом по времени (interleaved mode). При необходимости одновременной выборки 2-х или 3-х сигналов, например, тока и напряжения для расчета ЭДС двигателя, возможен режим одновременной работы (simultaneous mode).

Очень важно работу АЦП синхронизировать с работой силового канала электропривода. В противном случае нарушается устойчивость работы замкнутых контуров регулирования. На рисунке 3 приведена блок схема синхронизации работы АЦП, настроенного на последовательное сканирование 4-х каналов с частотой дискретизации в 4 раза превышающей частоту ШИМ.

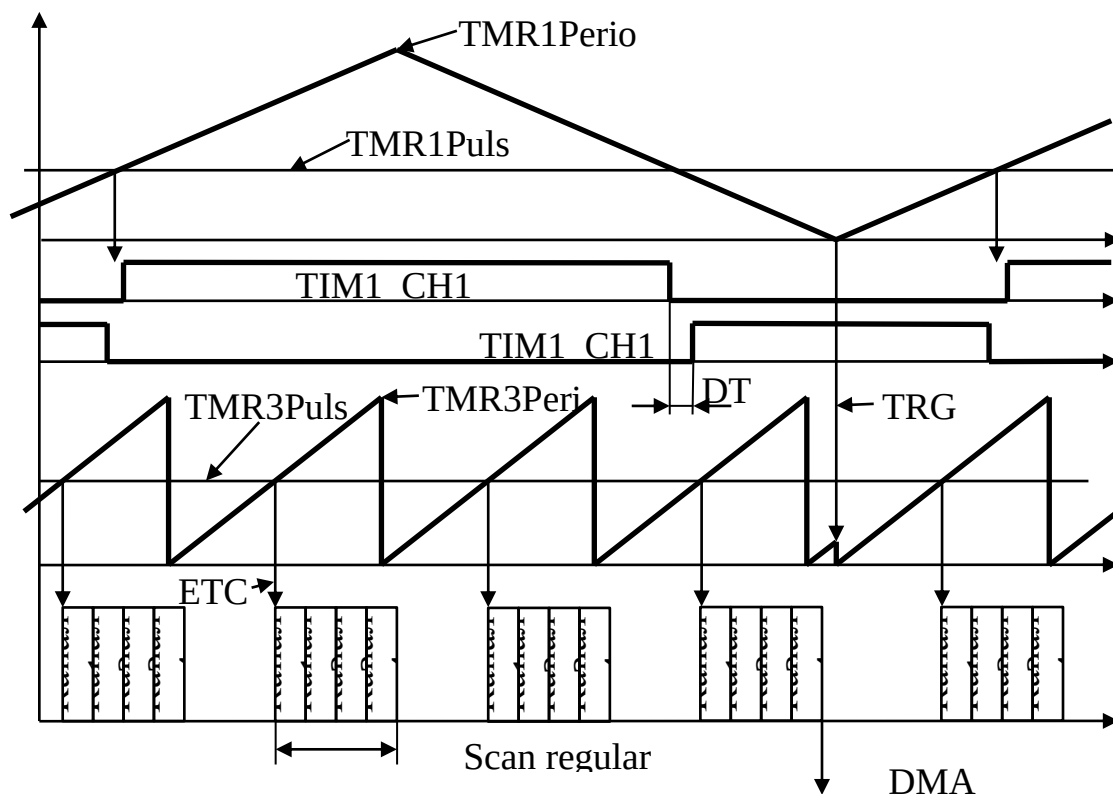


Рисунок 3 – Блок-схема синхронизации АЦП с ШИМ

Таймер 1 настроен для управления трехфазным автономным инвертором напряжения с центрально-ориентированной ШИМ. В этом случае значение таймера плавно нарастает до максимального значения TMR1Period, а затем уменьшается до нуля. В моменты сравнения значения таймера с опорным задающим сигналом TMR1Pulse изменяются состояния выходных управляющих импульсов TIM1_CH1 (верхний ключ инвертора) и TIM1_CH1N (нижний ключ инвертора). В настройках таймера 1 включается таймер «мертвого» времени (Dead Time - DT), который на аппаратном уровне создает паузу между этими управляющими импульсами для исключения коротких замыканий (рисунок 3).

Таймер 3 генерирует включающие начало аналогового преобразования импульсы (External Trigger Conversion - ETC). Частота дискретизации каналов выставляется с помощью параметра TMR3Period, а момент включения АЦП – с помощью TMR3Pulse. За время периода ШИМ таймер 3 четыре раза запускает преобразования. При этом в каждый момент происходит последовательное сканирование четырех аналоговых каналов. Для запоминания данных используется механизм DMA (Direct Memory Access), позволяющий АЦП непосредственно обращаться к ОЗУ, минуя ядро процессора. Размер буфера DMA настраивается таким образом, чтобы после чтения 4 раза четырех каналов генерировалось прерывание для дальнейшего анализа полученных данных с помощью основной программы.

Таймер 3 (Slave timer) и таймер 1 (Master timer) синхронизированы между собой с помощью специального механизма Synchronization Trigger Output (TRGO). Таймер 1 в момент равенства нулю генерирует сигнал для сброса

таймера 3 (рисунок 3). Поэтому следующее сканирование аналоговых сигналов будет происходить в одно и то же время относительно ШИМ.

Необходимо отметить, что все описанные выше процессы происходят на аппаратном уровне, и совсем не требуют процессорного времени.

Для микроконтроллеров STM32 разработаны множество сред проектирования программного обеспечения. Для учебных целей следует отметить наличие бесплатного программного обеспечения. Среди них следует выделить такие как:

- STM32CubeMX – система визуального конфигурирования системы и подключения готовых HAL библиотек;

- Coocox, TrueSTUDIO – программное обеспечение для разработки на базе компилятора GCC C/C++ compiler и интегральной среды Eclipse.

Развитая архитектура, система команд и периферия, в сочетании с мощными средами разработки, в том числе и бесплатными, облегчает применение микроконтроллеров серии STM32 в устройствах управления электроприводов.

Список литературы

1. Козлов-Кононов, Д. Процессорные ядра семейства cortex. Сочетание высокой производительности и низкого энергопотребления / Д. Козлов-Кононов // Электроника: наука, технология, бизнес. 2010. - №8. - С.16-24.

2. <https://www.st.com> [Электронный ресурс] – сайт производителя ST Microelectronics.

ЗАДАЧИ АВТОМАТИЗАЦИИ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ

Серегин А.А., Греков Э.Л., канд. техн. наук, доцент,

Шелихов Е.С., канд. техн. наук

Оренбургский государственный университет

В современном промышленном производстве, в добывающей отрасли широко используется конвейер. Это механизм непрерывного действия, предназначенный для перемещения сыпучих или штучных грузов в горизонтальном, наклонном и вертикальном направлениях. Непрерывность действия подразумевает отсутствие циклов в его работе, то есть движение осуществляется без остановок на погрузку и разгрузку.

Конвейеры разделяются по типу тягового органа – ленточные, цепные, канатные, и по типу грузонесущего органа – ленточные, скребковые, пластинчатые, тележечные, роликовые и т.д.

Для перемещения сыпучих грузов, особенно в горно-добывающей, химической, строительной промышленности часто используется ленточный конвейер, тяговый орган которого закольцован вокруг тягового и натяжного барабана. По конструкции такие конвейеры также подразделяются на горизонтальные, вертикальные, наклонные, передвижные, поворотные, желобчатые и т.д.

Основными частями этого механизма являются сама лента, приводной, натяжной барабаны, опорные ролики и планки, тормозные устройства для роликов (при необходимости) и приводного барабана, редуктор, соединительная муфта. Натяжное устройство предназначено для предотвращения провисания ленты, ее проскальзывания относительно приводного барабана в статическом и динамическом режимах. Диаметры барабанов должны быть максимально большими (обычно на 20-40% больше опорных роликов) для уменьшения износа ленты на изгиб.

Несмотря на простоту конструкции и принципа действия в ленточных конвейерах существуют следующие проблемы.

1. При пуске длинных конвейеров возможна пробуксовка ленты относительно приводного барабана, что приводит к ее повышенному износу, перегреву и возгоранию. На рисунке 1 приведена осциллограмма пуска конвейера [1], на которой видно, что скорость ленты в самом начале меньше, чем окружная скорость барабана.

Момент силы трения ленты о барабан $M_{тр}$ должен быть больше момента силы сопротивления движению ленты M_c . Чтобы не происходила пробуксовка ленты, важно соблюдать условие Эйлера:

$$T_{НБ} / T_{СБ} < e^{\mu\alpha}, \quad (1)$$

где α – угол обхвата барабана лентой, рад;

μ – коэффициент трения скольжения между лентой и барабаном;

$T_{нб}$, $T_{сб}$ – натяжение ленты в набегающей и сбегающей точках приводного барабана.

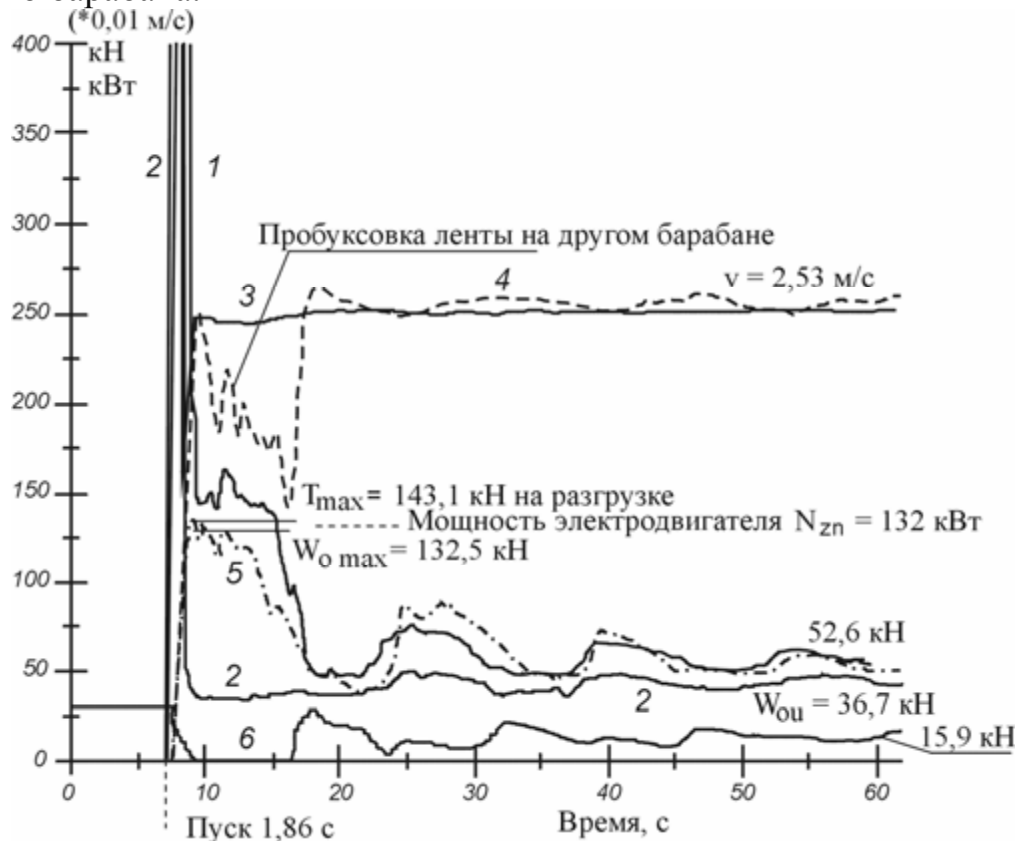


Рисунок 1 - Непосредственный пуск ленточного конвейера загруженного горной массой 61 тонной

При пуске за счет динамических сил увеличивается натяжение в набегающей точке, а в сбегающей уменьшается. Поэтому условие (1) может нарушаться. Чтобы предотвратить это возможно:

- 1) уменьшить влияние динамических сил за счет более плавного пуска;
- 2) уменьшить соотношение $(T_{нб}+dT)/(T_{сб}+dT)$ путем предварительного увеличения натяжения ленты на величину dT .

Проблема увеличения, даже кратковременного, натяжения не всегда решается, так как это увеличивает износ ленты и может привести к ее обрыву. Поэтому только плавный пуск с помощью регулируемого электропривода является наиболее правильным техническим решением.

2. При неправильном расположении (непараллельности) барабанов, а также неравномерной поперечной загрузки ленты может возникнуть так называемый сход ленты в сторону. В этом случае происходит износ ленты, и, возможно, возгорание материалов от сил трения.

Устранение схода ленты осуществляется с помощью тщательного монтажа элементов конструкции и применении специальных цилиндрически-конических барабанов (рисунок 2).

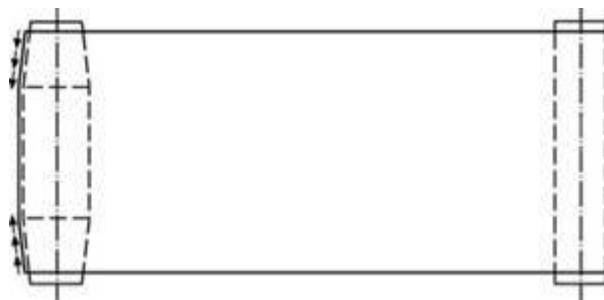


Рисунок 2 – Цилиндрически-коническая форма барабана

Наибольший интерес представляют системы автоматического устранения схода ленты с помощью, например, поворотных роликов.

3. В процессе работы конвейера возможно разные аварийные ситуации, такие как, например, заклинивание ленты, сход ленты с роликов, обрыв и т.д. Техническая неисправность может привести к серьезным экономическим потерям. Решение этой проблемы может быть в автоматизации.

Автоматизация ленточных конвейеров как правило применяется для:

- контроля только пуска и остановки;
- непрерывного контроля за работой конвейера и его элементов.

Автоматизация пуска и остановки заключается в контроле следующих параметров:

- контроль перегрузки двигателя по выдержке максимально возможного времени пуска;
- контроль движения ленты с номинальной скоростью (не менее 75%) после пуска;
- контроль состояния электропривода (последней пусковой ступени, аварии устройства плавного пуска или частотного преобразователя и т.д.);
- контроль завала перегрузочного пункта.

Согласно правилам безопасности эксплуатации к ленточному конвейеру предъявляются следующие определенные требования:

- возможность ручного управления при пуско-наладке;
- присутствие ограждения с блокировкой пуска электропривода с пульта управления при ее нарушении;
- недопустимо повторный запуск двигателя при срабатывании электрических защит.

Для контроля скорости ленты используются датчики на основе микромашин постоянного тока (тахогенераторов), или бесконтактные импульсные датчики. Ролик датчика прижимается пружиной к ленте или собственным весом.



Рисунок 3 – Датчик скорости ленты импульсный

Сход ленты можно проконтролировать специальным датчиком – конечным выключателем. На его рычаг лента будет воздействовать через дополнительный ролик (рисунок 4).



Рисунок 4 – Датчик схода ленты

На длинных конвейерах обязательной является система безопасности, позволяющая отключить экстренно отключить механизм с любой точки по его длине. Для этого применяю кабель-тросовые выключатели (рисунок 5 [2]). Гибкий трос натянут вдоль конвейера и соединен с конечным выключателем. При нажатии на трос последний срабатывает и отключает привод.



Рисунок 5 – Кабель-тросовые выключатели

Для контроля состояния металлической тросовой основы резинотросовых лент используют устройства, которые определяют повреждение тросов при ее движении, автоматически суммируют длины повреждений тросовой основы по длине ленты и выдают команды на отключение конвейера при достижении критических значений.

Таким образом, несмотря на простоту конструкции, ленточный конвейер имеет достаточной большой круг задач, требующих автоматизации.

Список литературы

1. Антоняк, Е. Экспериментальное определение влияния тиристорного стартера на динамику пуска ленточного конвейера / Е. Антоняк // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2005. - №12. – С.230-235.
2. <https://teko-com.ru/katalog/konvejernaja-avtomatika/avarijnye-trosovyje-vykljuchateli/> [Электронный ресурс] / Каталог фирмы производителя АО НПК "ТЕКО".

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ВЫСТАВКА КАК ЭЛЕМЕНТ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГЕТИКИ

**Гусейнова Т.Н., Шамсутдинова С.А.
Университетский колледж
Оренбургского государственного университета**

Система среднего профессионального образования должна быть практико-ориентированной, чтобы обеспечивать подготовку конкурентоспособных профессионалов. Для этой цели используется вовлечение обучающихся в техническое творчество. В Университетском колледже ОГУ организация технического творчества обучающихся – это большой труд и преподавателей и всех предметно-цикловых комиссии в целом.

Обучающиеся предметно-цикловой комиссии Электроснабжения и производства летательных аппаратов каждый год активно участвуют в научно-технической выставке «Свой мир мы строим сами», которая проходит на базе Университетского колледжа ОГУ, и всегда являются победителями или лауреатами данного мероприятия.

Преподаватели стремятся дать обучающимся объем знаний, позволяющий им стать рационализаторами в стенах колледжа, а потом творчески работать по выбранной специальности.

Основной целью организации выставки «Свой мир мы строим сами» является выявление и поддержка одаренных студентов, развитие их интеллектуальных, творческих способностей.



Рисунок 1 - Победители выставки в номинации «Действующие стенды» обучающиеся Университетского колледжа ОГУ Бейник О. и Гафиятов Р.

Это обучение вырабатывает повышенный интерес к своей профессии, потребность в постоянном поиске новых знаний и умений. Выполняемые модели и действующие стенды могут использоваться в образовательном процессе. Так выполненные обучающимися стенды «Выпрямители», «Пускатели», «Контакторы» применяются преподавателями для проведения лабораторных работ по ряду дисциплин и междисциплинарных курсов.

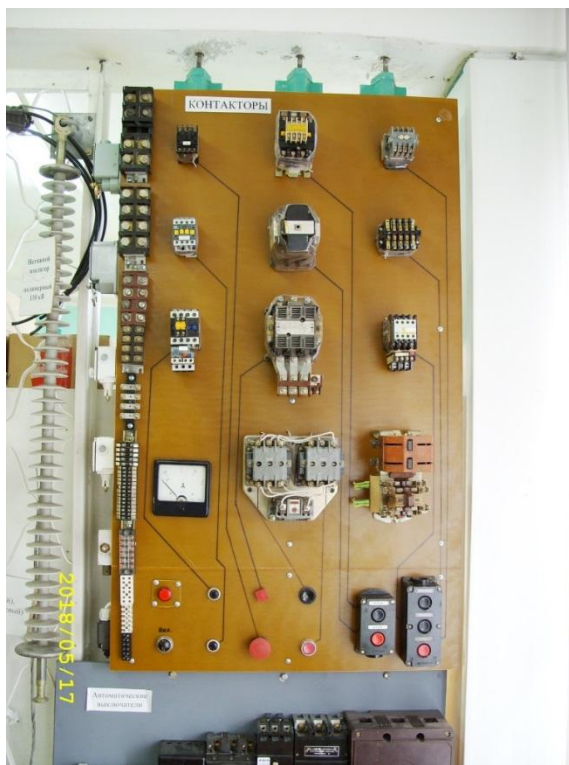


Рисунок 2 - Стенд «Контакторы»

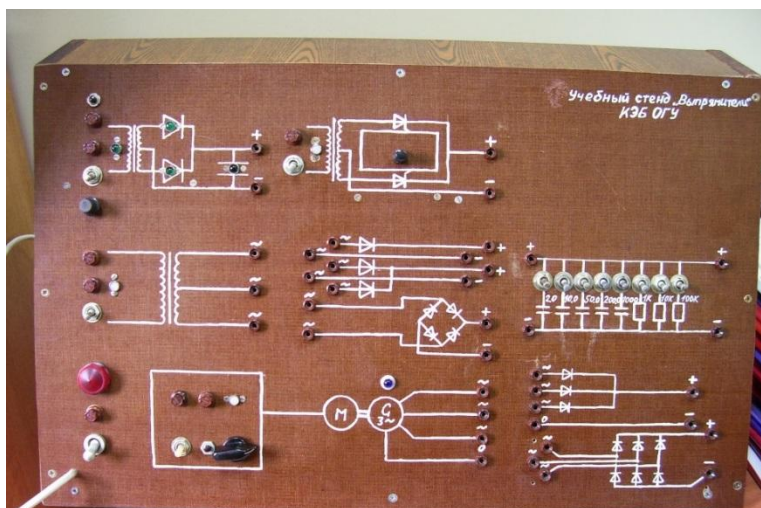


Рисунок 3 - Стенд «Выпрямители»

Многие макеты и стенды используются авторами при написании ими дипломных работ. Так выпускник колледжа Павлов Георгий (выпуск 2018 года) в

своей дипломной работе «Система измерений на подстанции» использовал сделанный им стенд «Приборы на подстанции».



Рисунок 4 - Обучающиеся колледжа Павлов Г и Городовой В. со своим стендом «Приборы на подстанции»

Выполненный обучающимися группы 15Э-1 Косенковым А. и Сейтбогометвым А. стенд «Шкаф электрический для сборки схемы реверсивного пускателя с защитой и сигнализацией» используется для подготовки конкурсантов в олимпиаде проф.мастерства.



Рисунок 5 - Стенд «Шкаф электрический для сборки схемы реверсивного пускателя с защитой и сигнализацией»

В процессе изучения междисциплинарных курсов МДК 01.02 «Устройство и техническое обслуживание сетей электроснабжения» и МДК 01.03 «Релейная защита и автоматические системы управления устройствами электроснабжения» для наглядной демонстрации работы устройств релейной защиты и автоматики управления наружным освещением возникла идея создания ряда действующих макетов.

Так обучающиеся группы 13Э-2 создали макет электрифицированного жилого микрорайона со своей трансформаторной подстанцией и представили его на V выставке научно-технического творчества преподавателей и студентов «Свой мир мы строим сами», где завоевал диплом лауреата. После чего обучающиеся группы Милованов В.А. и Ольховой А.В. приняли участие в [XXXVIII студенческой международной заочной научно-практической конференции «Молодежный научный форум: технические и математические науки»](#) со статьей, в основу которой легла разработка и создание макета освещения жилого микрорайона. По итогам этой конференции они стали лауреатами в двух номинациях.



Рисунок 6 – Макет освещения жилого микрорайона

На VI выставку обучающиеся этой же группы представили макет подстанции, который стал лауреатом выставки «Свой мир мы строим сами». Данный макет демонстрирует работу автоматического повторного включения освещения подстанции.



Рисунок 7 – Макет подстанции

Также обучающиеся группы 13Э-2 Ольховой А.В. и Мохунов А.С. для участия в VII выставке «Свой мир мы строим сами» собрали своими руками усилитель, который при невысокой стоимости комплектующих и простой схеме имеет звучание, не уступающее по качеству бюджетным моделям усилителей от известных брендов, цены на которые давно перестали быть демократичными. Обучающиеся стали лауреатами в номинации «Оригинальные механизмы и приборы».



Рисунок 8 – Модель усилителя

В процессе работы над стендами и макетами ребята учатся не только мыслить творчески, но и работать в команде.



Рисунок 9 - Преподаватели предметно-цикловой комиссии электроснабжения и производства летательных аппаратов Гусейнова Т.Н. и Шамсутдинова С.А. и конкурсанты, студенты пцк.

Таким образом, усвоение основ творческой деятельности поможет будущим специалистам повысить профессиональную и социальную активность, а это, в свою очередь, приведет к сознательному повышению производительности, качества труда, ускорению научно – технического прогресса.

Список литературы

1. Демидова, Г.Л. Введение в специальность Электроэнергетика и электротехника [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Г.Л. Демидова, Д.В. Лукичев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2016. — 108 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/91370>
2. Энергосовет [Электронный ресурс]. : электронный журнал по энергосбережению и энергоэффективности / учредитель НП «Российское теплоснабжение». – 2009. - .М.: НП «Энергоэффективный город», 2016 –2018. Ежекварт. – Режим доступа: http://www.energsovet.ru/bul_stat.php
3. Уровневая подготовка специалистов: государственные и международные стандарты инженерного образования: сборник трудов науч.-метод. конф., 3-6 апреля 2012г., Томск / отв. ред. д.т.н., профессор, проректор по ОМД А.И. Чучалин– Томск: ТПУ, 2012.-358 с.

К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ, ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА ДЛЯ ЗДАНИЯ «ТЕХНОПАРК» ПО ОБЪЕКТУ «ИЦС СКОЛКОВО»

**Долинин Д.В., Кузнецова А.А., Путилин Н.В.
Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ОГУ**

Здание «Технопарк» находится на территории «Инновационного центра Сколково» по адресу г. Москва, Инновационный центр «Сколково», Большой бульвар, 42 корп. 1 и является крупнейшим в своей серии в Европе. Территория площадью 400 гектаров, находится на земельном участке с кадастровым номером 77:15:0020321:316. На территории так же находятся Сколковский институт науки и технологий, открытый университет Сколково, международная гимназия, жилые апартаменты Сколково, здания «Гиперкуб» и «Матрешка». Для отдыха и прогулок рядом находится Мещерский лес и гольф клуб площадью более 100 гектар, регулярно становившийся площадкой для проведения соревнований международного уровня. [1]

Здание «Технопарка» площадью 96 158 м² подразделяется на три корпуса: А, В, С. Здание имеет 6 этажей, включая цокольный этаж, на котором находится зона разгрузки, техническое помещение в котором находятся центральный пункт теплоснабжения и центральный пункт холодоснабжения.

В здании находятся лаборатории и офисные помещения, занимаемые арендаторами, центры коллективного пользования (Коворкинг) для совместной работы, конгресс центр, который является лучшей площадкой для презентации стартапов, проектов и технологических продуктов.

Атриум, находится между двумя корпусами А и В, в котором располагаются шоу-румы, ресторан, магазин.

На 5 этаже здания «Технопарк» располагается технический этаж, на котором находятся приточно-вытяжные установки системы вентиляции, противопожарные установки системы вентиляции, узлы обвязки приточно-вытяжных установок.

Объект «Технопарк» имеет площадь 96 158 м² и разделяется на три корпуса: 3А, 3В и 3С. В 1-ый этап строительства входят здания 3А, 3В, атриум, а также подземная часть, соединенные между собой подземными и надземными переходами. Корпуса объекта «Технопарк» предназначены для размещения лабораторий и центров коллективного пользования в соответствии со спецификой деятельности объекта «Технопарк». В них так же располагаются офисные помещения, конференц-залы, различные технические и вспомогательные помещения, а также предприятия торговли и общественного питания. Крытое пространство между зданиями корпусов 3А и 3В формирует атриум. [2]

В центральной части Атриума располагаются торгово-выставочные шоурумы, а также большой Лекционный зал, подвешенный над Атриумом.

В соответствии с Российскими нормативными документами, объект «Технопарк» по функциональности относится к административным зданиям научно-технического профиля. Срок службы здания 50 лет.

Системы вентиляции запроектированы в соответствии с действующими Российскими стандартами и с учетом международной инженерной практики. При этом одним из основных принципов проектирования климатических систем является принцип снижения энергопотребления в режиме эксплуатации с целью обеспечения будущей LEED-аккредитации объекта.

В здании запроектированы следующие системы вентиляции:

- Приточные и вытяжные системы механической вентиляции;
- Системы местных отсосов;
- Системы противодымной вентиляции.

Системы отопления, вентиляции и кондиционирования рассчитаны на поддержание заданных нормативных параметров в обслуживаемых помещениях. Внутренние расчетные параметры для различных функциональных зон и помещений зданий объекта «Технопарк» приняты в соответствии с действующими Российскими нормативами и международной инженерной практикой:

- Лаборатории, ЦКП, офисы администрации, переговорные, обеденный зал - $22\pm 2^{\circ}\text{C}$;
- Лекционный зал, кухня, общественные туалеты - $20\pm 2^{\circ}\text{C}$;
- Лестничные клетки, коридоры циркуляции, хранение химических веществ - $18\pm 2^{\circ}\text{C}$;
- Душевые - $23\pm 2^{\circ}\text{C}$;
- Технические помещения - $12\pm 2^{\circ}\text{C}$;
- Атриум (в зоне пребывания людей) – минимум 10°C ;
- Погрузочно-разгрузочная зона - 5°C .

Относительная влажность более 30% в холодный период года поддерживается в лабораториях, ЦКП и лекционном зале. При проектировании инженерных систем предусматривается выполнение всех необходимых мероприятий по защите от шума и вибраций.

Допустимые уровни звука, создаваемого и передаваемого системами вентиляции и кондиционирования для помещений различного назначения приведены ниже, дБ(А):

- Лекционный зал – 30
- Офисы администрации, переговорные – 35
- Лаборатории – 38
- ЦКП, атриум, IT-помещения, бытовые помещения – 40
- Хранение химических веществ, мусоросборные камеры – 45
- Погрузочно-разгрузочная зона – 55
- Технические помещения – 75.

Центры коллективного пользования (ЦКП) биомедицины располагаются на первом этаже здания 3А, ЦКП прототипирования (изготовления образцов) - в цокольном и на первом этажах здания 3В.

Вентиляционные установки (АНУ), обслуживающие ЦКП работают полностью на свежем воздухе и имеют в своем составе рекуператоры с промежуточным теплоносителем для утилизации тепла. Рекуператоры с промежуточным теплоносителем были выбраны для предотвращения смешения вытяжного воздуха с приточным. Контур рекуператора предусмотрен на гликоле. Предполагается, что в нормальном режиме все установки работают, но с пониженной мощностью. Если происходит поломка установки, другие установки работают с полной нагрузкой для обеспечения бесперебойной работы ЦКП. Количество обслуживающих блок вентиляционных установок варьируется, но принцип работы N+1 всегда сохраняется.

Помимо общеобменной вытяжки, для ряда помещений ЦКП, а также от технологического оборудования, выделяющего вредные вещества, предусмотрены отдельные вытяжные системы. Основными типами необходимых в объекте "Технопарк" помещений для осуществления научно-исследовательской деятельности являются влажные и расчетно-аналитические (ИТ) лаборатории. Основное различие между ними - потенциальная возможность применения в них опасных химических веществ.

Вентиляция лабораторий запроектирована с переменным расходом воздуха с помощью установленных регуляторов расхода воздуха по перепаду давления (VAV). Вентиляционные установки "влажных" лабораторий, расположенных в здании 3А, работают полностью на свежем воздухе и имеют в своем составе рекуператор с промежуточным теплоносителем для утилизации тепла. Перед рекуператором наружный воздух предварительно нагревается до -15°C.

Вентиляционные установки ИТ-лабораторий включают в себя высокоэффективный роторный рекуператор. Перед рекуператором наружный воздух предварительно нагревается до -15°C. Влажные лаборатории предназначены для проведения биомедицинских, биохимических и маломасштабных химических исследований. Это лаборатории, в которых возможно использование умеренных количеств огнеопасных и едких химических веществ, и в них устанавливаются подходящие для этого вытяжные шкафы.

Лабораторные вытяжные шкафы будут устанавливаться арендаторами как часть оборудования на стадии чистовой отделки помещений.

Каждая лаборатория оснащена патрубками для подключения вытяжных шкафов с максимальным расходом воздуха 1080 м³/ч через шкаф. При закрытых или не используемых шкафах в помещении лаборатории поддерживается 6-ти кратный воздухообмен с отрицательным дисбалансом. При использовании вытяжного шкафа подача и удаление воздуха общеобменной вентиляцией увеличивается пропорционально количеству удаляемого воздуха через шкаф, и может достигать 12-ти крат в помещении.

Лаборатории поддерживаются под разрежением, приточный воздух на компенсацию подается в прилегающие коридоры.

ИТ-лаборатория - это административное помещение, в котором основной объем работ выполняется на компьютерной рабочей станции. В лаборатории

возможна высокая концентрация вычислительной техники, а также установки, стойки с компьютерным оборудованием.

Расчетный воздухообмен 4 крата принят при высоте помещения 3м, и обеспечивается при пребывании персонала в помещении лаборатории. При отсутствии персонала в помещении воздухообмен снижается до 1 крата.

Лаборатории выполняются с полной чистовой отделкой, в связи с чем в разделе ОВ2 выполнена разводка вентиляции в пределах помещений, с установкой VAV-регуляторов и воздухораспределителей.

В соответствии с Техническим заданием, рабочее проектирование по внутренним системам вентиляции помещений общественного питания осуществляется до границы зоны общепита. Проектирование и монтаж внутри помещений осуществляется за счет средств арендатора.

Для обслуживания помещений кухни общепита запроектированы отдельные системы приточной и вытяжной вентиляции. Все вентиляционное оборудование кухни расположено в техническом помещении на уровне 05.

Для следующих помещений общепита предусмотрены отдельные вытяжные системы:

- Общеобменная вытяжка;
- Вытяжные зонты горячего цеха;
- Вытяжные зонты помещений мойки посуды;
- Мусоросборные камеры;
- Санузлы кухни.

Утилизация тепла вытяжного воздуха не предусматривается. На вытяжных воздуховодах горячего цеха и общеобменной системы на стадии чистовой отделки будущим арендаторам рекомендуется устанавливать дополнительные жироулавливающие фильтры до места подключения.

Обеденная зона обслуживается самостоятельной приточно-вытяжной установкой, расположенной на уровне 05. Для рекуперации тепла вытяжного воздуха применяется роторный теплообменник. Вентиляторы проектируются с рабочим и резервным двигателями. Комфортное охлаждение обеспечивается местным оборудованием кондиционирования - фанкойлами.

Вытяжная вентиляция погрузочно-разгрузочной зоны обеспечивается двумя установленными на уровне 5 этажа вытяжными вентиляторами. Удаление воздуха проектируется из верхней и нижней зон. Приточная вентиляция обеспечивается двумя самостоятельными приточными установками, расположенными на уровне 01, на специально устроенной антресоли.

Приточные установки дополнены воздухоохладителями, рассчитанными на снижение температуры приточного воздуха с $+32^{\circ}\text{C}$ до $+25^{\circ}\text{C}$. Это обусловлено изменением проектного решения по расположению наружных блоков фреоновых охладителей, частично перенесенных с кровли в верхнюю зону помещения доставки.

В соответствии с Техническим заданием, рабочее проектирование по внутренним системам вентиляции лекционного зала осуществляется до границы

помещения. Проектирование и монтаж внутри помещения осуществляется за счет средств арендатора.

Воздушное отопление, вентиляция и комфортное охлаждение помещения лекционного зала обеспечивается двумя приточно-вытяжными установками с переменным расходом воздуха (по одной установке в зданиях 3А и 3В). Воздушное отопление и вентиляция холла лекционного зала, расположенного в сфере, также обеспечивается двумя самостоятельными приточно-вытяжными установками, расположенными в зданиях 3А и 3В.

Запроектированы также две приточно-вытяжные установки с переменным расходом воздуха для обслуживания примыкающих переговорных комнат конференц-центра, обеспечивающие вентиляцию и комфортное охлаждение воздуха в теплый период года.

В лекционном зале в холодный период года системами вентиляции обеспечивается температура внутреннего воздуха 20 ± 2 °С, в теплый период 24 ± 2 °С;

В холле лекционного зала в холодный период года обеспечивается температура внутреннего воздуха 20 ± 2 °С;

В переговорных в блоках 3А-100 и 3В-100 в теплый период года системами вентиляции поддерживается температура воздуха в помещениях 24 ± 2 °С.

Рекуперация тепла вытяжного воздуха в установках лекционной зоны проектируется посредством высокоэффективных теплообменников роторного типа.

В составе вентустановок лекционного зала дополнительно предусмотрена секция рециркуляции для использования в нерабочее время.

Для вентиляции атриума предусмотрены две приточные вентустановки, расположенные в венткамерах блоков 3В-300 и 3В-700, подающие воздух сверху, через вихревые диффузоры.

Для снижения тепловой нагрузки в теплый период года предусмотрено удаление воздуха при помощи вентиляторов дымоудаления, установленных на кровле, работающих на низких оборотах двигателя. Для дополнительного притока в теплый период года в фасадах здания 3С в уровне второго этажа по осям В1 и В44 устроены автоматически открываемые окна. Эти окна используются также и для компенсации удаляемого из атриума дыма при пожаре.

Самостоятельные системы приточной или вытяжной вентиляции в шоурумах не предусмотрены. Воздух забирается непосредственно из Атриума и выбрасывается обратно при помощи вентиляторов, устанавливаемых арендаторами каждого торгового помещения (шоурума) на стадии чистовой отделки после сдачи объекта в эксплуатацию.

Каждое отдельностоящее торговое помещение в Атриуме (шоурум) оборудуется точкой подключения к системам тепло- и холодоснабжения здания и узлами учета потребления тепло- и холодоносителя. Разводка систем тепло- и

холодоснабжения и установка фанкойлов внутри помещений шоурумов производится на стадии чистовой отделки после сдачи объекта.

Для бытовых помещений, расположенных в ядрах здания, запроектированы приточно-вытяжные установки с батарейным рекуператором. Вытяжка из санузлов лекционной зоны, расположенных на 3 и 4 этажах блока 100 здания 3А осуществляется самостоятельной вытяжной системой с резервным вентилятором.

Переговорные комнаты, комнаты отдыха, помещения ИТ, вспомогательные помещения, расположенные в ядрах зданий, обслуживаются приточно-вытяжными установками с высокоэффективным теплообменником роторного типа. Комфортное охлаждение в общественных помещениях проектируется при помощи фанкойлов.

Для всех помещений ИТ, расположенных в ядрах зданий, запроектированы самостоятельные системы кондиционирования при помощи сплит-систем с резервированием 100%.

Мусоросборные камеры расположены в ядрах зданий и обслуживаются отдельными вытяжными вентиляторами, расположенными в технических помещениях на уровне 05. Кондиционирование в этих помещениях не предусматривается.

Для технических помещений, расположенных на уровне 05, предусмотрены системы приточно-вытяжной механической вентиляции.

ступенчатой "смешанной схеме". В летний период при отключении тепловых сетей на время проведения профилактического обслуживания и ремонта, подогрев воды для нужд ГВС на хоз-бытовые и технологические нужды предусмотрен в электрических накопительных водонагревателях.

Источником теплоснабжения проектируемых зданий являются городские сети. Подключение к городским сетям осуществляется со стороны Бульвара. Здания объекта «Технопарк» подключаются к наружным сетям теплоснабжения по независимой схеме с устройством индивидуального теплового пункта, расположенной на уровне подземного этажа между зданиями 3А и 3В. Узел учета тепла расположен в отдельном помещении, непосредственно примыкающем к наружной стене здания.

Расчетный температурный режим в наружной сети теплоснабжения согласно Техническим Условиям составляет 130/70°C (температура подающего и обратного трубопровода).

Настоящим разделом рассматриваются следующие системы и потребители:

- отопление (радиаторы, конвекторы) - 80°C /60°C;
- отопление атриума (встроенные в пол конвекторы, система отопления фасада) - 95°C /60°C,
- отдельностоящие торговые помещения (шоурумы) и тепловые завесы - 80°C /60°,
- система отопления "теплый пол" - 35°C /28°C,
- теплоснабжение вентустановок - 95°C /60°C,
- теплоснабжение нагревателей регуляторов расхода воздуха VAV и 4-х трубных фанкойлов - 60°C /40°C.
- рабочее давление в системах отопления и теплоснабжения фанкойлов - 5 атм.
- рабочее давление в системе теплоснабжения вентустановок - 5,5 атм.

№п/п	Наименование здания и сооружения	Объем, м³	Периоды года при tн, °С	Расход тепла, кВт							на ГВС	Общий
				На отопление			На вентиляцию					
				радиаторное отопление	АВО	"теплый пол"	приточные установки АНУ	на ВТЗ и шоурумы	на теплоснабжение II подогрева (нагреватель и VAV, фанкойлы)			
1	Здание 3А	258900	Холодный	458,0	187,2	-	6702,0	-	252,2	860	8459,4	
			Теплый	-	-	-	-	-	252,2		1112,2	
2	Здание 3В	260165	Холодный	491,0	187,2	-	4996,0	-	661,0	1373	7708,2	
			Теплый	-	-	-	-	-	661,0		2034,0	
3	Здание 3С	301022	Холодный	477,8	62,4	15,8	463,0	586,6	-	-	1605,6	
			Теплый	-	-	-	-	-	-		-	
4	Здание 2В	301023	Холодный	эл. отопление	-	-	165,9	-	-	-	165,9	
			Теплый	-	-	-	-	-	-		-	
							ИТОГО (в холодный период), кВт:				17939,1	
							ИТОГО (в холодный период), Гкалл/ч:				15,43	

Рисунок 2 – сводная таблица тепловых нагрузок

ВИДЫ ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЯ	ЗИМНИЙ ПЕРИОД						ЛЕТНИЙ ПЕРИОД					
	МАКСИМАЛЬНЫЙ ЧАСОВОЙ РАСХОД Q, MWm	ПАРАМЕТРЫ ВОДЫ t, °C		РАСХОДЫ ВОДЫ G, м/ч			МАКСИМАЛЬНЫЙ ЧАСОВОЙ РАСХОД Q, MWm	ПАРАМЕТРЫ ВОДЫ t, °C		РАСХОДЫ ВОДЫ G, м/ч		
		ГРЕЮЩЕЙ	НАГРЕВАЕМОЙ	ГРЕЮЩЕЙ	НАГРЕВАЕМОЙ			ГРЕЮЩЕЙ	НАГРЕВАЕМОЙ	ГРЕЮЩЕЙ	НАГРЕВАЕМОЙ	
1. ОТОПЛЕНИЕ	5,16 из них: 1 этап-2,56; 2,3 этапы-2,6	130-70	80-60	72,06	216,2		—	—	—	—	—	
2. ВЕНТИЛЯЦИЯ	29,703 из них: 1 этап-16,212; 2,3 этапы-13,491	130-70	95-60	430,9	738,7							
3. ГОРЯЧЕЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ	3,28 из них: 1 этап-2,419; 2,3 этапы-0,861	70-25(1 см.) 130-50(2 см.)	60-5	44,5	43,43		2,776(max)	70-40(2 см.) 47-30(1 см.)	60-5	79,6	43,4	
4. ВЕНТИЛЯЦИЯ II ПОДОГРЕВ	—	—	—	—	—		—	—	—	—	—	
ИТОГО ПО ЦТП:	38,143 из них: 1 этап-21,191; 2,3 этапы-16,952			547,46			2,776			79,6		

Рисунок 3 – тепловые нагрузки в зимний и летний период

Холодоснабжение зданий Объекта "Технопарк" осуществляется от отдельно стоящего холодильного центра. Потребление холода системами вентиляции и кондиционирования первого этапа строительства составляет 10657 кВт. Температура холодоносителя в наружных сетях (первичный контур) 6-12 °С. Температура холодоносителя, поступающего к потребителям (вторичный контур) 7-13 °С. Системы вентиляции, кондиционирования воздуха и технологическое оборудование подключены к сетям холодоснабжения по "независимой схеме", через пластинчатые теплообменники. В ЦПХ предусмотрено размещение узла учета потребления холодоносителя, блоков холодоснабжения с пластинчатыми теплообменниками, насосных установок, станций подпитки и поддержания давления в комплекте с водомером, запорной и регулирующей арматурой. Расходомеры предусматриваются на отдельных контурах потребителей. Теплообменники и циркуляционные насосы предусматриваются с 100% резервом. Оборудование в помещении ЦПХ размещается в двух уровнях: на отм. -4,800 и на металлических площадках, отм. -2,300; -0,300. Для выравнивания давления в контурах устанавливаются станции подпитки и поддержания давления. Подпитка систем холодоснабжения обеспечивается от системы водоподготовки. Подача холодной воды от коллектора к потребителям осуществляется циркуляционными насосами каждого контура. Циркуляционные насосы оснащены внешним частотным управлением. На всех обратных магистралях контуров устанавливаются балансировочные клапаны. Поддержание температуры воды + 6° С в первичном контуре обеспечивается системой автоматики отдельно стоящего холодильного центра. Поддержание температуры воды + 7° С во вторичном контуре обеспечивается системой автоматики ЦПХ (центрального пункта холодоснабжения).

Система	Назначение	кВт
T91.7/T92.7	Фанкойлы здания 3А	2136
T91.8/T92.8	Фанкойлы здания 3В	2351
T91.9/T92.9	Приточная установка 3С	116
T93/T94	Шоурумы 3С	269
T91.3/T92.3	Приточные установки 3А	3009
T91.4/T92.4	Приточные установки 3В	2766
Итого по 1 этапу		10647

Рисунок 4 – холодильная нагрузка зданий 3А, 3В, 3С

Расчетная температура внутреннего воздуха в рабочей зоне кондиционируемых помещений принята $+23^{\circ}\text{C}$ по сухому термометру. Системы холодоснабжения фанкойлов и системы холодоснабжения секций охлаждения приточных установок запитываются в помещении теплообменников на цокольном этаже здания. Параметры теплоносителя внутреннего контура $7/13^{\circ}\text{C}$

Предусматриваются системы холодоснабжения:

- система холодоснабжения фанкойлов здания 3А T91.7/T92.7;
- система холодоснабжения фанкойлов здания 3В T91.8/T92.8;
- система холодоснабжения шоурумов здания 3С T93/T94;
- система холодоснабжения секций охлаждения приточных установок здания 3С T91.9/T92.9;
- система холодоснабжения секций охлаждения приточных установок здания 3А T91.3/T92.3;
- система холодоснабжения секций охлаждения приточных установок здания 3В T91.4/T92.4;

Рабочее давление в системах холодоснабжения фанкойлов и вентустановок составляет 6 атм.

Проектной документацией представлен список оборудования и материалов по каждому разделу. В каждую из систем, внедрены меры по энергоэффективности. Учитывая тот факт, что в здании технопарка, отсутствуют оконные проемы, в помещениях обеспечивают микроклимат системы вентиляции, отопления, теплоснабжения и кондиционирования воздуха. Применены работы по монтажу теплоизоляции на каждую из систем, что существенно снижает тепловые потери.

В центральном тепловом пункте и центральном пункте холодоснабжения предусмотрены трубопроводы на здание второго этапа строительства. Изначальное разделение по подсистемам в центральном тепловом пункте и центральном пункте холодоснабжения позволяет выполнять аварийную остановку подсистемы, в случае аварии, неисправности и технических работ. На каждую подсистему, предусмотрены резервные узлы распределения количественного регулирования теплоносителей, резервное оборудование.

На техническом этаже отм. $+19.430$ располагаются узлы обвязки приточных установок. В целях повышения энергоэффективности, предусмотрены узлы рекуперации, использующие гликоль в целях теплоносителя.

В заключении, можно сказать, что при проектировании, строительстве и эксплуатации здания «Технопарк», были выполнены меры в большом объеме по энергосбережению и энергоэффективности.

Список литературы

1. Федеральный закон "Об инновационном центре Сколково" от 28.09.2010 N 244-ФЗ
2. Проектная документация, стадия РД «Инновационного центра Сколково» объекта «Технопарк»; 1 этап строительства, М1311472-00-ОВ2, лист 0002 «Общие данные»
3. Федеральный закон "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений" от 30.12.2009 N 384-ФЗ (последняя редакция) статья 20
4. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха СНиП 41-01-2003
5. Строительные нормы и правила Отопление, вентиляция и кондиционирование СНиП 2.04.05-91
6. Исследование потерь теплоносителя из-за несовершенства гидравлического режима тепловой сети / В.Я. Губарев, А.А. Тамбовский, В.А. Стерлигов, Е.М. Крамченков // Энергетика и энергоэффективные технологии: сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф., посвященной 50 – летию ЛГТУ. Липецк: ЛГТУ, 2006. С. 144-146.
7. Губарев В.Я. Динамика гидравлического режима тепловой сети при присоединении новых абонентов / В.Я. Губарев, А.А. Тамбовский // Энергетика и энергоэффективные технологии: сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф., посвященной 50 – летию ЛГТУ. Липецк: ЛГТУ, 2006. С. 172-175.
8. Энергосберегающие технологии систем вентиляции и кондиционирования воздуха, С. А. ДОЦЕНКО, главный инженер ООО «Вентрейд»

ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ ХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ПРИМЕРЕ АО «НЗХС»

Ерофеев С.В., Тимофеев А.М.

Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ОГУ

Анализ условий труда в цехах предприятия АО «НЗХС» показывает, что для него характерно наличие относительно большого количества опасных и вредных производственных факторов.

Немаловажны такие факторы как высокая температура поверхности, наличие химических веществ в твердом и жидком состоянии и избыток лучистого тепла. Во всех основных цехах при работе на нагревательных, термических печах, при эксплуатации электропечей существует опасность получения термических ожогов при контакте открытых поверхностей тела человека с горячим инструментом, нагретыми поверхностями термического оборудования, раскаленными стенками печей. Для предупреждения ожогов рабочие снабжаются суконными рукавицами с брезентовыми накладками, ботинками. Для защиты от брызг расплавленных продуктов плавки рабочие снабжаются суконными или войлочными брюками и курткой, защитными очками и войлочными шляпами.

Источниками лучистого тепла являются нагретые поверхности печей, расплавленные химикаты, а также солнечная радиация, проникающая в помещение через застекленные поверхности здания. Для защиты от воздействия химически активных веществ принимается специальная защитная одежда – комбинезон из прорезиненной или специальный защитный костюм. Тепло от всех этих источников приводит к значительному повышению температуры воздуха в цехе и создает тяжелые условия для работающих. Для предотвращения нагрева работающих поверхностей предусмотрена естественная вентиляция. Воздух, подаваемый в цеха механической приточной вентиляцией в ряде случаев охлаждается и увлажняется.

Способы защиты от лучистого потока тепла следующие: теплоизоляция нагретых поверхностей, экранирование тепловых излучений, организация рационального отдыха в период рабочих. Для защиты от воздействия энергии используются очки со светофильтрами.

Следующий неблагоприятный фактор – повышенный уровень загазованности. В качестве загрязнителей воздуха на данном предприятии выступают пары химического производства (мельницы сухого помола, дробилки), газообразные вещества как вторичные продукты при осуществлении технологических процессов. Снижение концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны – надежная герметизация оборудования, при которой все газообразные продукты и пыль улавливаются и подвергаются очистке и обезвреживанию.

Основной способ снижения воздействия вредных веществ на работающих является применение вентиляции в производственных помещениях и использование рабочими индивидуальных средств защиты.

Опасность поражения работающих электрическим током, существует практически во всех цехах предприятия. Такая опасность может возникнуть при непосредственном прикосновении к незаземленным токоведущим частям электроустановок, например, при эксплуатации электролизных ванн, при обслуживании распределительных устройств. Поражение электрическим током может произойти в результате нарушения изоляции электрических линий и установок. При этом под напряжением могут оказаться металлические конструкции зданий, металлические площадки и ограждения корпуса производственного оборудования. Здесь важную роль в обеспечении безопасности персонала играет надежность защиты и автоматики, а также безопасность в работе различных блокировок. Для необходимой надежности обслуживающего персонала периодически подвергаются проверке как электроустановки, так и их изоляция. Также электробезопасность на производстве обеспечивается организационными мероприятиями. На предприятии учитывается такой фактор, как опасность травмирования рабочих, которая возникает из-за подвижных, не огражденных элементов машин и механизмов, из-за самих движущихся машин и механизмов, перемещаемых грузов и изделий. Для предупреждения несчастных случаев все приводы должны иметь оградительные сооружения, станки должны быть снабжены предохранительными экранами, приспособления для дробления стружки и т.д. должны использовать индивидуальные средства защиты.

В результате работы механического оборудования, компрессоров и воздуходувок, молотов, прессов возникает повышенный уровень шума. Кроме применения персоналом индивидуальных средств защиты, оборудование, издающее шум, также должно иметь необходимые средства защиты: звукоизоляция, снижение звуковой мощности, глушение шума.

Борьба с вредными воздействиями вибраций на организм человека сводится к снижению вибраций непосредственно в источнике их возникновения, динамическому гашению вибраций и виброизоляции.

Основными технологическими операциями при которых выделяются вредные вещества: деревообработка, мех обработка, термическая обработка твердых химикатов, сварка, окраска тары и изделий, производство химических продуктов, зарядка огнетушителей и аккумуляторов, плавка и разлив химикатов, приготовление формовочных смесей.

Водопотребление АО «НЗХС» составляет порядка 800 тыс. м³/год, в том числе:

- по питьевой воде 200 тыс. м³/год;
- по технической воде 600 тыс. м³/год.

Завод является вторичным водопользователем, и по технической воде, и по питьевой воде. Сброса сточных вод в бассейн рек предприятие не имеет.

Очистные сооружения оборотного водоснабжения (локальные) рассчитаны на 800 тыс. м³/год.

Очистные сооружения хромосодержащих стоков химического производства мощностью 200 тыс. м³/год подлежат более детальному рассмотрению.

Хромосодержащие стоки образуются на химических отделениях в цехах № 1, 2, 3, 5 в результате промывных операций, после процессов обезвреживания, травления, варки раствора бихромата натрия, пассивирования. Для восстановления шестивалентного хрома стоков в качестве реагента используется железный купорос. Нейтрализация стоков – известковым молоком.

Концентрация ингредиентов при поступлении (мг/л) и сбросе (мг/л) хромосодержащих стоков производства химических продуктов представлена в таблице 1.

Очистные сооружения хромосодержащих стоков мощностью 1000 тыс. м³/год предназначены для очистки стоков, образующихся в процессе работы основных цехов. В основу положен метод очистки сбросов напорной фильтрацией, а от взвесей – в центробежном поле. Аварийных выбросов стоков загрязняющих веществ в канализационные сети не было.

Из-за наличия на заводе мест складирования отходов производства все отходы частично перерабатываются или складируются, а затем вывозятся за пределы предприятия.

Таблица 1 – Концентрация ингредиентов

Ингредиенты	Концентрация	
	Поступило, мг/л	Сброшено, мг/л
Железо	1,05	0,24
Хром	-	0,12
Цинк	0,45	0,21
Алюминий	0,1	0,06
Хром	13,8	-
Нефтепродукты	2,7	2,2
Взвеш. вещества	0,4	0,13
рН	7,5	9,0
Окисляемость	-	7,5

Внеплановых и аварийных сбросов на почву, захоронения загрязняющих веществ не было.

При производстве продукции в основных цехах ОАО «НЗХС» присутствуют следующие отходящие газы:

- при производстве краски: пыль сырья, уайтспирит, двуокись титана, окись хрома. Выбросы в атмосферу происходят без очистки;
- при производстве хромового дубителя: соединения 6-ти валентного хрома, пыль сульфата хрома. окислы азота. Перед выбросами в атмосферу очищается в мокрых циклонах с каплеотделителями;

- при производстве бихромата натрия: соединения 6-ти валентного хрома;
- при производстве хромового ангидрида: соединения 6-ти валентного хрома;
- сернистого натрия: отходы шахтных печей содержат сероводород, сернистый ангидрид, окись углерода, пыль шихты (сульфат натрия и кокс). Очистка от пыли, сероводорода, сернистого ангидрида: 1-я стадия- циклоны, 2-я стадия – колонные аппараты.

В процессе работы механического оборудования, компрессоров и воздухопроводов, молотов, прессов возникает повышенный уровень шума.

Нормируемыми параметрами постоянного шума являются уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц, или уровни звука дБ, и максимальные уровни звука дБ.

Шумы высоких частот отрицательно влияют на организм человека:

- нарушается состояние нервной системы, появляется раздражительность, упадок сил и снижается работоспособность;
- возникают головные боли;
- ухудшается работа слухового аппарата.

Для уменьшения воздействия шума на организм человека применяется следующие меры защиты:

- в цехах с повышенным уровнем шума рабочий персонал использует наушники, средства индивидуальной защиты;
- оборудование, издающее шум, оснащается устройствами для его снижения;
- стены помещений изготавливаются из звукоизоляционного материала.

Кроме шумов на организм человека отрицательно влияет вибрация, возникающая в следствии работы трансформаторов, двигателей, генераторов и другого оборудования.

Для снижения уровня вибрации, возникающих из-за дисбаланса оборудования при монтаже и эксплуатации, должна применяться балансировка неуравновешенных роторов, валов, двигателей, и т. д.

В процессе эксплуатации технологического оборудования должны приниматься меры к устранению излишних люфтов и зазоров, что обеспечивается освидетельствованием источников вибрации – машин и механизмов.

Весьма эффективный метод снижения вибрации в источнике – исключение резонансных режимов работы оборудования. В этом случае даже при малых значениях дисбаланса и относительно небольших возбуждающих воздействиях уровень вибрационных параметров резко возрастает.

Список литературы

1. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. Госэнергонадзор Минэнерго России. – М.: ЗАО «Энергосервис», 2007. – 392 с. – ISBN 978 – 5 – 91245 – 001 – 3.

2. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок (ПОТ РМ-016-2001): (серия 17, норматив. док. по надзору в электроэнергетике). – М.: ОАО «Научно-технический центр по безопасности в промышленности», 2006. – 208 с. – ISBN 5 – 93586 – 403 – 7.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА МАЛОЙ МОЩНОСТИ С МАКСИМАЛЬНОЙ УДЕЛЬНОЙ МОЩНОСТЬЮ

Ерунов В.П., канд. техн. наук, доцент, Рахимов Е.М.
Оренбургский государственный университет

При проектировании автономных систем (воздушный и наземный транспорт, робототехника) в системе электроприводов постоянного тока стремятся использовать электродвигатели с минимальным весом, то есть с максимальной удельной мощностью. Этого можно добиться путем расчета ряда вариантов двигателя с различными соотношениями размеров, обмотками, электромагнитными нагрузками, при этом для того, чтобы получить необходимый вариант, требуется провести расчет большого количества вариантов. В научно-технической литературе по проектированию электрических машин постоянного тока приводятся рекомендации по выбору электромагнитных нагрузок и размеров якоря с учетом условий работы машины, способа охлаждения, мощности и частоты вращения, но эти рекомендации, как правило, полученные опытным путем, даются в основном для машин средней и большой мощности [1,2,3]. Кроме того, двигатели малой мощности по сравнению с машинами средней и большой мощности имеют большие спектры функциональных назначений и режимов работы, поэтому имеющие рекомендации по выбору электромагнитных нагрузок имеют общий характер и большие диапазоны, и не всегда ориентированы на получение минимального веса двигателя. С целью облегчения выбора электромагнитных нагрузок и размеров якоря для расчетного варианта электродвигателя с максимальной удельной мощностью разработана математическая модель двигателя постоянного тока малой мощности, позволяющая достаточно точно выбрать электромагнитные нагрузки, размеры якоря, сечение провода обмотки якоря для заданной мощности, частоты вращения, напряжения, режима работы, класса нагревостойкости и степени насыщения зубцов [4].

Перед началом расчета двигателя постоянного тока расчетчик анализирует техническое задание на проектируемую машину, выбирает конструктивное исполнение двигателя, систему охлаждения, изоляционные, магнитные и проводниковые материалы. Анализ технического задания позволяет задать исходные данные для расчета математической модели по выбору электромагнитных нагрузок и геометрии якоря (например, для расчета электродвигателя с P_2 , $n_{ном}$ и $U_{ном}$ используем следующие исходные данные для расчета модели: α_δ ; k_z ; k_c ; λ ; $2p$; $2a$; z ; k ; $b_z = b_{п1}$; $k_{пот}$; $b_{п2}$; $b_{ш}$; $h_{ш}$; B_z ; $\Delta U_{ш}$; $l_{пл}$; $\Delta \vartheta_{а доп}$; g_{min} ; $k_{пм min}$; g_{max} ; $k_{пм max}$).

Математическая модель имеет вид:

$$b_{\pi 1} = \frac{(D - 2 \cdot h_u) \cdot \sin \frac{\pi}{z}}{2 + \sin \frac{\pi}{z}},$$

$$S_{\pi} = \frac{b_{\pi 1}^2}{4} \cdot \left(\frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{z} + \frac{1}{\operatorname{tg} \frac{\pi}{z}} \right) - \frac{b_{\pi 2}^2}{4 \cdot \operatorname{tg} \frac{\pi}{z}},$$

$$\Pi_{\pi} = b_{\pi 1} \cdot \left(\frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{z} + \frac{1}{\operatorname{tg} \frac{\pi}{z}} \right) - \frac{b_{\pi 2} \cdot (1 - \sin \frac{\pi}{z})}{\sin \frac{\pi}{z}},$$

$$h_{\pi} = b_{\pi 1} \cdot \frac{(1 + \sin \frac{\pi}{z})}{2 \cdot \sin \frac{\pi}{z}} - \frac{b_{\pi 2} \cdot (1 - \sin \frac{\pi}{z})}{2 \cdot \sin \frac{\pi}{z}} + h_u,$$

$$N = \frac{k_3 \cdot k_{\pi M} \cdot z \cdot S_{\pi}}{g},$$

$$l_{a \text{ cp}} = l_{\delta} + l_{\pi \pi} + \frac{\pi}{2p} \cdot (D - h_{\pi}),$$

$$R_{a\theta} = \frac{N \cdot l_{a \text{ cp}} \cdot k_{\theta}}{57 \cdot (2a)^2 \cdot g} \cdot 10^{-6},$$

$$B_{\delta} = \frac{B_z \cdot k_c \cdot b_z \cdot z}{2 \cdot \pi \cdot D},$$

$$\Phi_{\delta} = \frac{\pi}{2p} \cdot \alpha_{\delta} \cdot B_{\delta} \cdot \lambda \cdot D^2,$$

$$j = \sqrt{\frac{\Delta g_{a \text{ доп}} \cdot \alpha_1 \cdot (1 + \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\text{НОМ}}}{600}) \cdot (\frac{\pi \cdot D}{z} - b_u) \cdot 10^6}{\left[1 + k_{\text{пот}} + \alpha_1 \cdot (1 + \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\text{НОМ}}}{600}) \cdot (\frac{\pi \cdot D}{z} - b_u) \cdot \frac{S_{\pi} \cdot (1 - k_3 \cdot k_{\pi M})}{\lambda_1 \cdot \Pi_{\pi}^2} \right]} \cdot \frac{k_3 \cdot k_{\pi M} \cdot S_{\pi}}{57}},$$

$$e = \frac{8 \cdot \pi \cdot k_3^2 \cdot k_{\pi M}^2 \cdot \lambda \cdot j \cdot z^2 \cdot S_{\pi}^2 \cdot D \cdot n_{\text{НОМ}}}{600 \cdot k \cdot g \cdot (1 - \alpha_{\delta})} \cdot 10^{-6},$$

$$A = \frac{k_3 \cdot k_{\pi M} \cdot z \cdot j \cdot S_{\pi}}{\pi \cdot D},$$

$$M_{\text{эм}} = 0,5 \cdot \alpha_{\delta} \cdot \lambda \cdot k_3 \cdot k_{\pi M} \cdot B_{\delta} \cdot z \cdot j \cdot S_{\pi} \cdot D^2,$$

$$P_{\text{эм}} = M_{\text{эм}} \cdot \frac{\pi \cdot n_{\text{НОМ}}}{30},$$

$$I_a = 2a \cdot g \cdot j,$$

$$X_a = \frac{\mu_0 \cdot p}{(2a)^2 \cdot 60} \cdot N^2 \cdot \lambda \cdot D \cdot n_{ном},$$

$$E = \frac{p \cdot N \cdot \Phi_\delta \cdot n_{ном}}{a \cdot 60},$$

$$U = E + I_a \cdot \sqrt{(R_{a\theta}^2 + X_a^2)} + \Delta U_{щ},$$

$$P_\partial = U \cdot I \cdot 0,01,$$

$$P_{мщ} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \rho_{щ} \cdot I \cdot D \cdot n_{ном}}{60 \cdot j_{щ\partial}},$$

$$P_{mn} = 2 \cdot 10^{-3} \cdot n_{ном} \cdot (8,9 \cdot 10^3 \cdot N \cdot g \cdot (\lambda \cdot D + 0,8 \cdot \frac{\pi \cdot D}{2p}) +$$

$$+ 7,8 \cdot 10^3 \cdot k_c \cdot \lambda \cdot D \cdot (\frac{\pi \cdot D^2}{4} - S_n \cdot z),$$

$$P_{m\theta} = 2 \cdot \lambda \cdot D^4 \cdot n_{ном}^3 \cdot 10^{-6},$$

$$m_j = 1950 \cdot k_c \cdot \pi \cdot \lambda \cdot D \cdot (D - 2 \cdot h_n)^2,$$

$$B_j = \frac{\Phi_\delta}{k_c \cdot \lambda \cdot D \cdot (D - 2 \cdot h_n - 0,2 \cdot D)},$$

$$P_j = 2,3 \cdot m_j \cdot \rho_{1.0/50} \cdot (\frac{p \cdot n_{ном}}{3000})^{1,5} \cdot B_j^2,$$

$$m_z = 7,8 \cdot 10^3 \cdot k_c \cdot \lambda \cdot D \cdot (\frac{\pi \cdot D^2}{4} - S_n \cdot z) - m_j,$$

$$P_z = 2,3 \cdot m_z \cdot \rho_{1.0/50} \cdot (\frac{p \cdot n_{ном}}{3000})^{1,5} \cdot B_z^2,$$

$$P_2 = P_{эм} - P_\partial - P_{мщ} - P_{mn} - P_{m\theta} - P_j - P_z,$$

$$P_1 = U \cdot I,$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\%.$$

В этой математической модели:

$b_{п1}$ - бóльший диаметр паза якоря, м; D - диаметр якоря, м;

$h_{щ}$ - высота шлица паза якоря, м; z - число пазов якоря;

$S_{п1}$ - площадь паза якоря в свету, м²; $b_{п1}$ - меньший диаметр паза якоря, м;

$\Pi_{п1}$ - периметр паза, м; $h_{п1}$ - высота паза якоря, м; $h_{щ}$ - высота шлица паза, м;

N - число проводников обмотки якоря; k_3 - коэффициент заполнения паза;

$k_{им} = \pi \cdot d^2 / 3,46 / d_{из}^2$ - коэффициент заполнения изолированного провода медью;

g - сечение провода обмотки якоря, м²; l_δ - расчетная длина якоря, м;

$l_{a\text{ср}}$ - средняя длина полувитка секции обмотки якоря, м;

$l_{пл}$ - прямолинейный отрезок лобовой части обмотки якоря, м;

$2p$ - число полюсов; $2a$ - число параллельных ветвей обмотки якоря;
 R_a - сопротивление обмотки якоря при расчетной температуре, Ом;
 B_δ - индукция в воздушном зазоре, Тл; B_z - индукция в зубце якоря, Тл;
 k_c - коэффициент заполнения пакета якоря сталью; b_z - ширина зубца якоря, м;
 Φ_δ - магнитный поток в воздушном зазоре под одним полюсом, Вб;
 α_δ - коэффициент полюсного перекрытия; $b_{ш}$ - ширина шлица паза якоря, м;
 λ - коэффициент, отношение длины сердечника якоря к его диаметру;
 j - плотность тока в обмотке якоря, А/м; k - число коллекторных пластин;
 $\Delta \vartheta_{a \text{ доп}}$ - превышение температуры якоря над температурой окружающей среды;
 α_1 - коэффициент теплоотдачи с поверхности неподвижного якоря, Вт/м²·°С;
 $n_{ном}$ - номинальная частота вращения вала, об/мин; I_a - ток якоря, А;
 $k_{пот}$ - коэффициент отношения магнитных и вентиляционных потерь якоря к электрическим потерям якоря;
 λ_1 - коэффициент теплопроводности межвитковой и пазовой изоляции, Вт/м·°С;
 e - результирующая ЭДС в секции обмотки якоря, В; E - ЭДС обмотки якоря, В;
 A - токовая линейная нагрузка А/м; μ_0 - магнитная постоянная, Гн/м;
 $M_{эм}$ - максимальный электромагнитный момент, Н·м;
 $P_{эм}$ - максимальная электромагнитная мощность, Вт;
 X_a - индуктивное сопротивление обмотки якоря, Ом;
 U - напряжение на зажимах якоря электродвигателя, В;
 $\Delta U_{щ}$ - падение напряжения на щетках, В; P_2 - полезная мощность, Вт;
 η - коэффициент полезного действия двигателя.

В зависимости от функционального назначения электродвигателя, условий, в которых он должен работать, требований к его эксплуатационным характеристикам и конструктивному исполнению проектирование двигателя, в том числе и выбор электромагнитных нагрузок и размеров якоря, имеет некоторые особенности. Применяя предлагаемую математическую модель двигателя постоянного тока можно эти особенности учесть на начальном этапе проектирования электродвигателя, а также можно оценить коммутацию по величине ЭДС в коммутируемой секции. Электромагнитная мощность и соответственно полезная мощность в модели определяются как максимально возможные в заданных размерах зубцового якоря, степени насыщения зубцов якоря, температурном режиме и режиме работы электродвигателя. Исходные данные для расчета математической модели выбирают с учетом требований технического задания на проектирование.

Например, для расчета электродвигателя с $P_2 = 325 \text{ Вт}$, $n_{ном} = 5500 \text{ об/мин}$ и $U_{ном} = 24 \text{ В}$ используем следующие исходные данные для расчета модели: $\alpha_\delta = 0,7$; $k_z = 0,7$; $k_c = 0,95$; $\lambda = 1$; $2p = 2$; $2a = 2$; $z = 300 \cdot D$; $k = 2 \cdot z$; $b_z = b_{п1}$; $k_{пот} = 0,5$; $b_{п2} = 0,002 \text{ м}$; $b_{ш} = 0,0025 \text{ м}$; $h_{ш} = 0,0005 \text{ м}$; $B_z = 1,9 \text{ Тл}$; $\Delta U_{щ} = 0,5 \text{ В}$;

$$l_{пл} = 0,003 \text{ м}; \quad \Delta\vartheta_{a_{доп}} = 75^0 \text{ С}; \quad g_{\min} = 0,0491 \cdot 10^6 \text{ м}^2; \quad k_{пл \min} = 0,736; \\ g_{\max} = 1,094 \cdot 10^6 \text{ м}^2; \quad k_{пл \max} = 0,823.$$

Результаты расчета по математической модели приведены в таблице 1.

В результате расчета математической модели по исходным данным, указанными выше, имеем диапазоны токовой линейной нагрузки (A), индукции в воздушном зазоре (B_δ), плотности тока (j), а также значения максимальной полезной мощности (P_2), напряжения (U) и ЭДС в коммутируемой секции (e) в зависимости от диаметра якоря (D) для выбранного диапазона сечения провода якоря ($g_{\min}, g_{\max}$). Графические изображения этих зависимостей приведены на рисунках 1-6. Они используются для анализа и выбора величины соответствующих электромагнитных нагрузок и геометрии зубцового якоря.

Таблица 1 – Расчетные электромагнитные нагрузки и размеры якоря

$D, \text{ м}$	0,038	0,040	0,042	0,045	0,048	0,050
Расчетные величины						
$b_{nl}, \text{ м}$	0,0044	0,0045	0,0045	0,0046	0,0046	0,0046
$S_n, \cdot 10^{-5} \text{ м}$	2,29	2,40	2,52	2,69	2,87	2,98
$II_n, \text{ м}$	0,0185	0,0191	0,0198	0,0207	0,0217	0,0223
$h_n, \text{ м}$	0,0082	0,0085	0,0088	0,0093	0,0098	0,0101
$N_{(min)}$	2738	3028	3333	3816	4331	4692
$N_{(max)}$	84	93	102	117	133	144
$l_{acp}, \text{ м}$	0,0878	0,0925	0,0971	0,1041	0,1110	0,1157
$R_{a(min)}, \text{ Ом}$	27,9	32,5	37,6	46,1	55,8	63,03
$R_{a(max)}, \text{ Ом}$	0,0238	0,0277	0,0320	0,0393	0,0476	0,0537
$B_\delta, \text{ Тл}$	0,382	0,385	0,388	0,392	0,396	0,398
$\Phi_\delta, \cdot 10^{-4} \text{ Вб}$	6,06	6,78	7,53	8,73	10,0	10,9
$j_{(min)} \cdot 10^{-6} \text{ А/м}^2$	8,06	7,97	7,88	7,77	7,67	7,62
$j_{(max)} \cdot 10^{-6} \text{ А/м}^2$	7,69	7,60	7,52	7,42	7,32	7,27
$e_{(min)}, \text{ В}$	3,80	4,59	5,50	7,11	9,05	10,54
$e_{(max)}, \text{ В}$	0,12	0,15	0,18	0,23	0,29	0,34
$A_{(min)}, \text{ А/м}$	9074,0	9427,1	9778,5	10302,5	10823,5	11169,4
$A_{(max)}, \text{ А/м}$	9550,0	9921,9	10291,8	10843,5	11392,1	11756,3
$M_{эм(min)}, \text{ Н·м}$	0,2091	0,2555	0,3091	0,4047	0,5206	0,6105
$M_{эм(max)}, \text{ Н·м}$	0,2200	0,2689	0,3254	0,4260	0,5480	0,6426
$P_{эм(min)}, \text{ Вт}$	120,42	147,15	178,05	233,09	299,84	351,61
$P_{эм(max)}, \text{ Вт}$	126,73	154,87	187,40	245,33	315,60	370,09
$I_{a(min)}, \text{ А}$	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75	0,75
$I_{a(max)}, \text{ А}$	27,17	26,86	26,58	26,21	25,88	25,68
$X_{a(min)}, \text{ Ом}$	8,20	10,56	13,43	18,87	25,93	31,70
$X_{a(max)}, \text{ Ом}$	0,008	0,010	0,013	0,018	0,024	0,030
$E_{(min)}, \text{ В}$	152,15	188,06	229,95	305,35	397,84	470,17
$E_{(max)}, \text{ В}$	4,66	5,77	7,05	9,36	12,20	14,41
$U_{(min)}, \text{ В}$	175,68	215,32	261,35	343,89	444,75	523,44
$U_{(max)}, \text{ В}$	5,84	7,06	8,46	10,99	14,08	16,49
$P_{\partial(min)}, \text{ Вт}$	1,39	1,68	2,02	2,63	3,35	3,91
$P_{\partial(max)}, \text{ Вт}$	1,59	1,90	2,25	2,88	3,64	4,23

$P_{mu(min)}, Bm$	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22
$P_{mu(max)}, Bm$	5,95	6,19	6,43	6,79	7,15	7,39
$P_{mn(min)}, Bm$	3,83	4,47	5,17	6,36	7,72	8,72
$P_{mn(max)}, Bm$	3,95	4,61	5,33	6,55	7,95	8,99
P_{me}, Bm	0,69	0,85	1,04	1,36	1,77	2,08
$m_j, \kappa\mathcal{E}$	0,10	0,12	0,14	0,18	0,23	0,26
$B_j, Tл$	1,20	1,19	1,18	1,17	1,17	1,16
P_i, Bm	2,12	2,48	2,89	3,59	4,39	4,98
$m_z, \kappa\mathcal{E}$	0,14	0,16	0,19	0,23	0,27	0,30
P_z, Bm	7,34	8,44	9,65	11,67	13,95	15,62
$P_{2(min)}, Bm$	104,87	129,04	157,08	207,28	268,46	316,07
$P_{2(max)}, Bm$	105,10	130,41	159,80	212,48	276,74	326,79
$P_{1(min)}, Bm$	139,04	168,48	202,37	262,51	335,20	391,44
$P_{1(max)}, Bm$	158,78	189,54	225,01	288,04	364,33	423,41
$\eta_{(min)}, \%$	75,43	76,59	77,62	78,96	80,09	80,75
$\eta_{(max)}, \%$	66,20	68,80	71,02	73,77	75,96	77,18

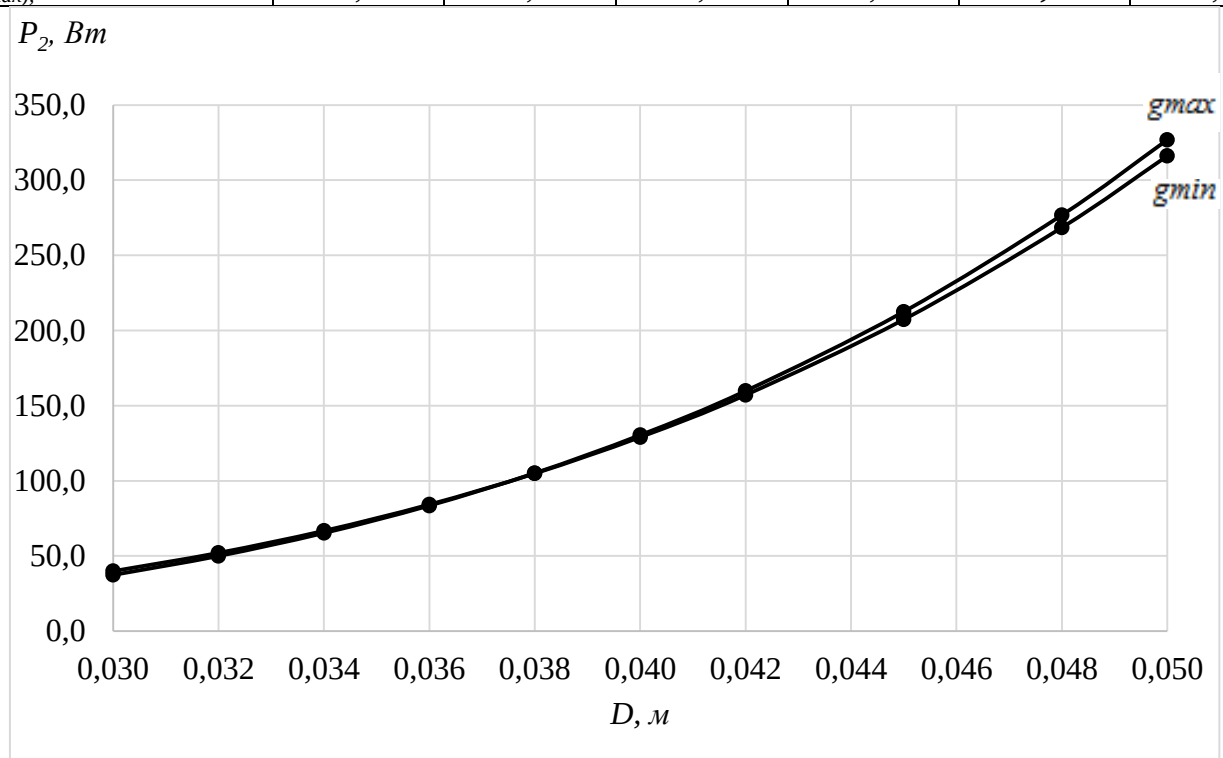


Рисунок 1 – Зависимость $P_2 = f(D)$ при $n_{ном} = 5500$ об/мин; $\lambda = \text{const}$; $g = \text{const}$

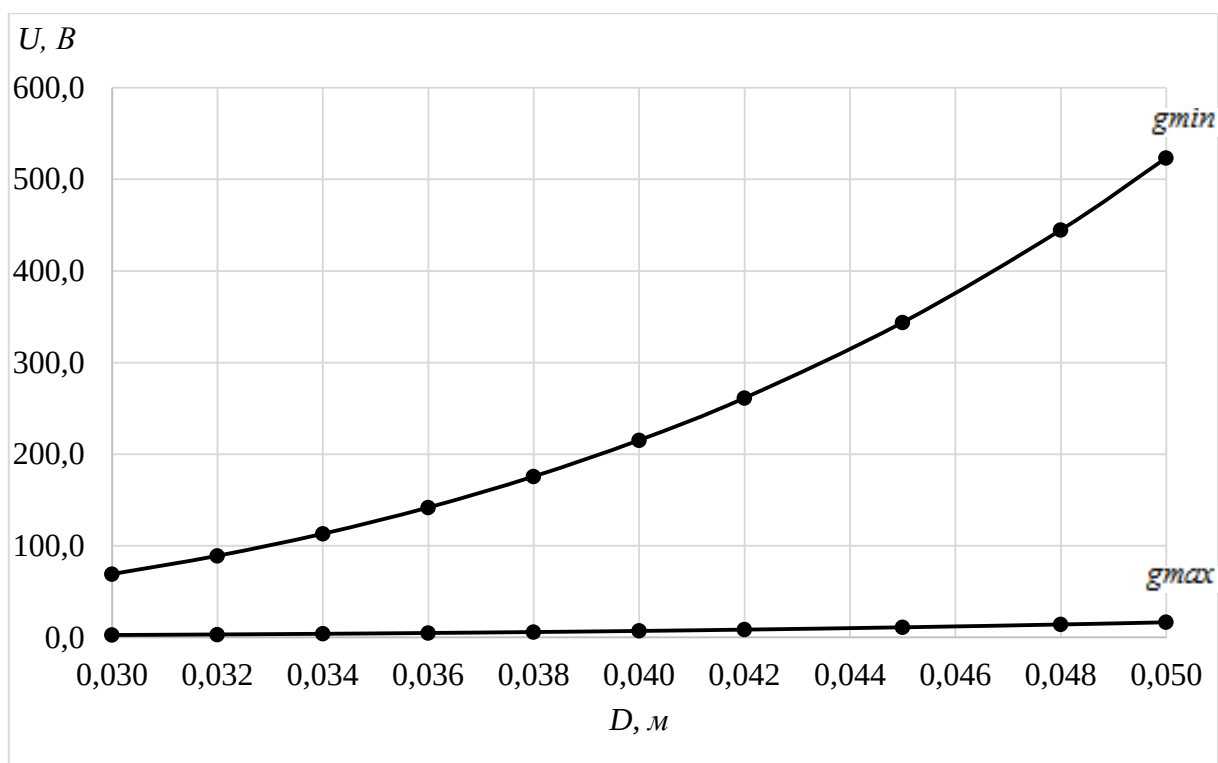


Рисунок 2 – Зависимость $U = f(D)$ при $n_{ном} = 5500$ об/мин; $\lambda = \text{const}$; $g = \text{const}$

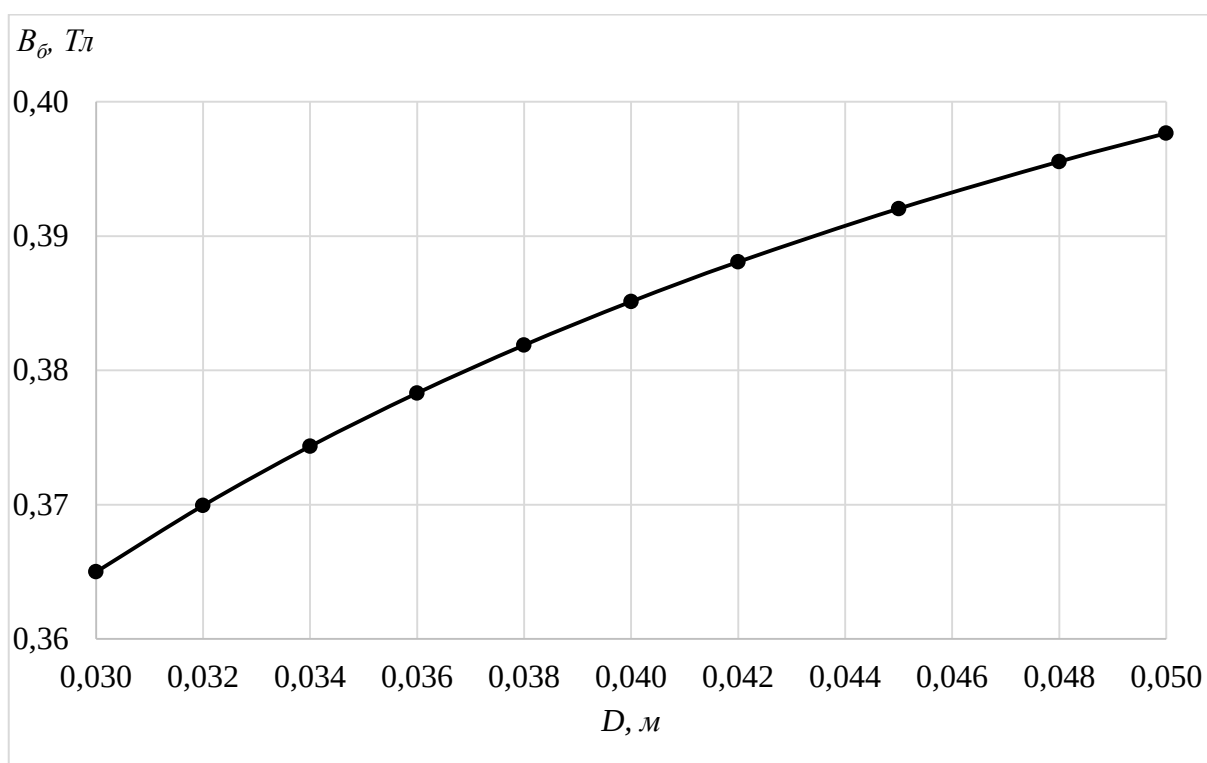


Рисунок 3 – Зависимость $B_\delta = f(D)$ при $n_{ном} = 5500$ об/мин

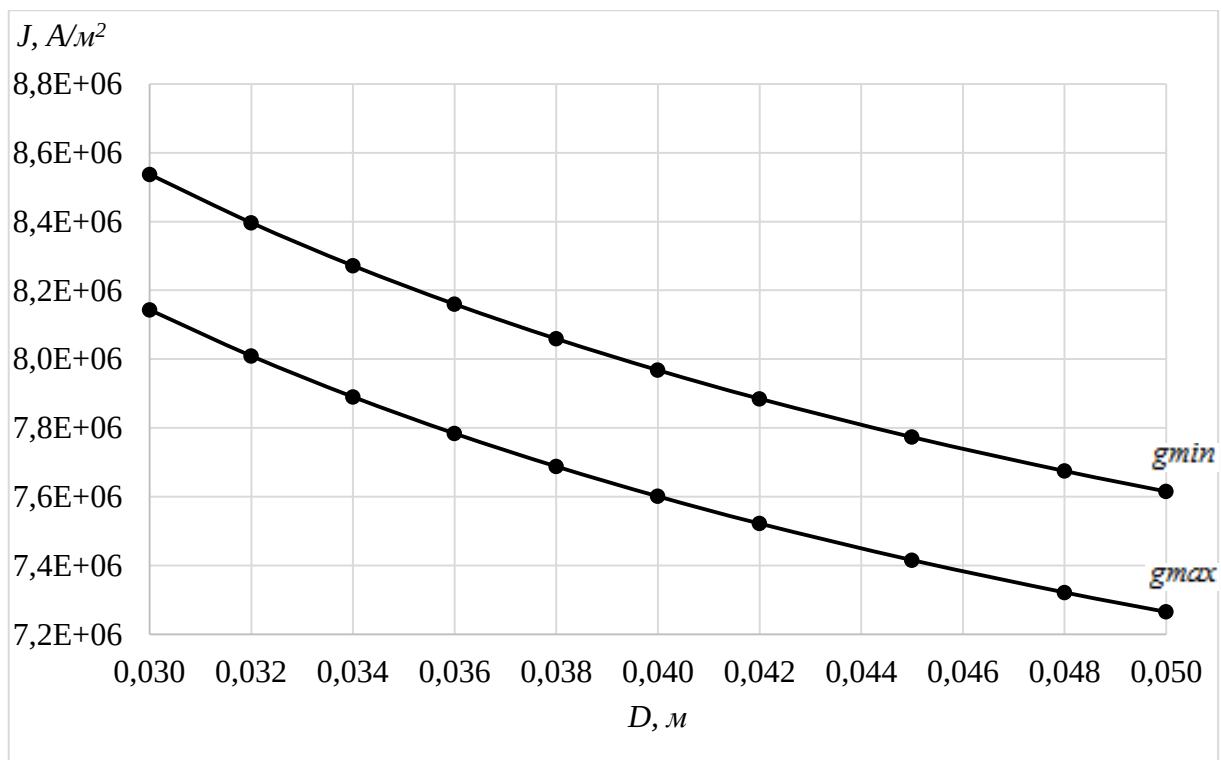


Рисунок 4 – Зависимость $J = f(D)$ при $n_{ном} = 5500$ об/мин; $g = \text{const}$

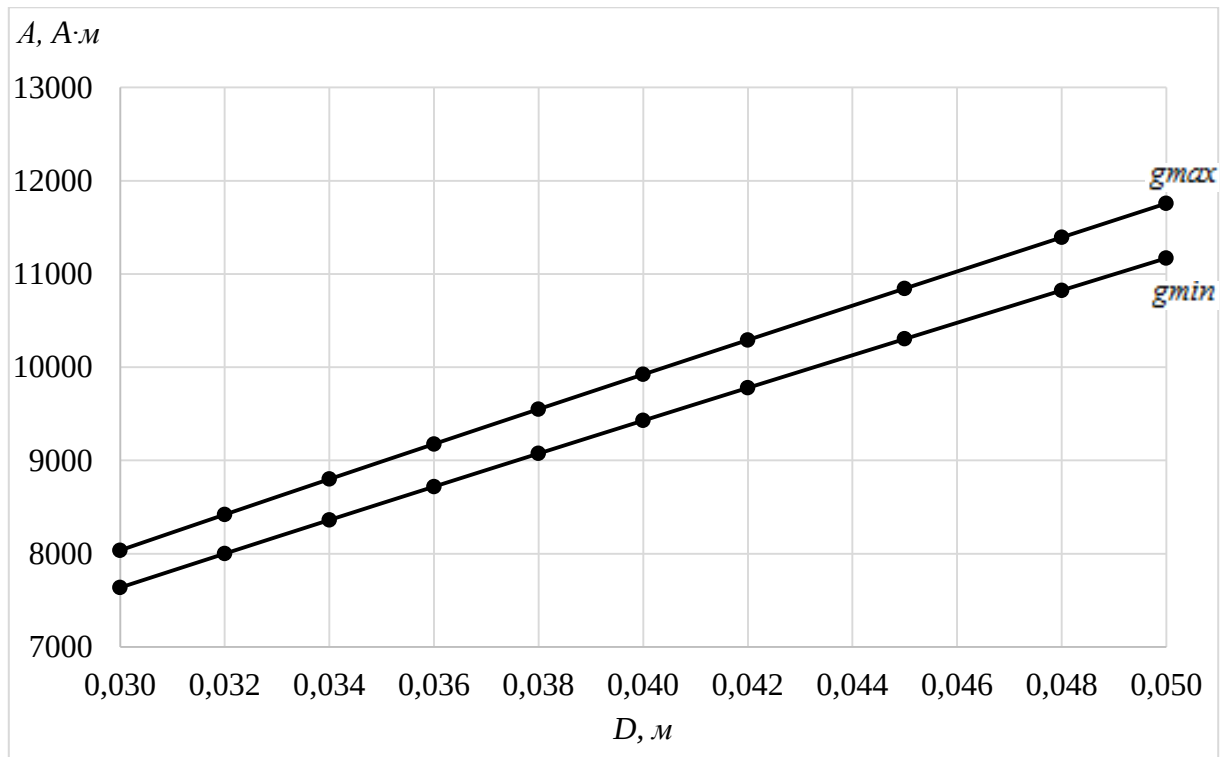


Рисунок 5 – Зависимость $A = f(D)$ при $n_{ном} = 5500$ об/мин; $\lambda = \text{const}$; $g = \text{const}$

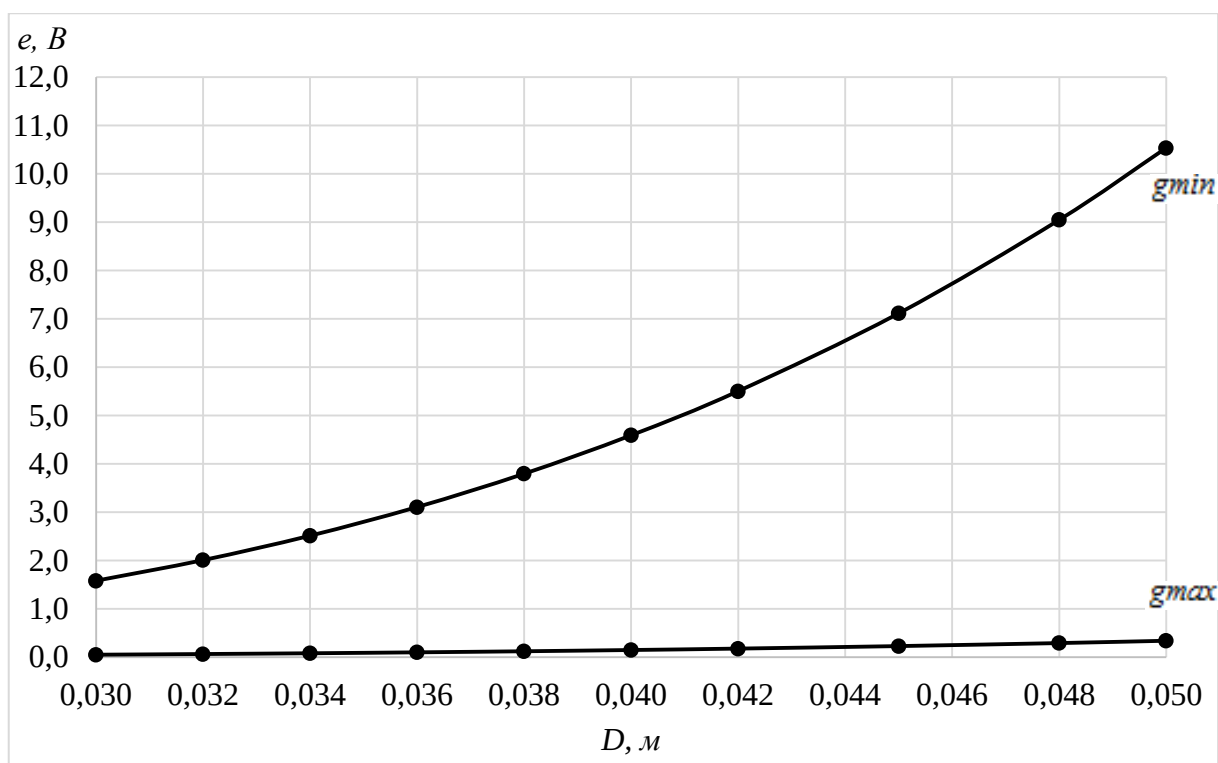


Рисунок 6 – Зависимость $e = f(D)$ при $n_{ном} = 5500$ об/мин; $\lambda = \text{const}$; $g = \text{const}$

Если в техническом задании задано номинальное напряжение и его значение не совпадает с расчетным значением напряжения, приведенным в таблице 1 для заданной мощности, то необходимо рассчитать по математической модели и построить зависимости $P_2, e, U, \eta = f(d, \lambda)$ при $D = \text{const}$ и $n_{ном} = \text{const}$ и выбрать такие значения сечения провода обмотки якоря и длины якоря, которые позволят получить требуемое номинальное напряжение, номинальную мощность и благоприятную коммутацию. Результаты расчета $P_2, e, U, \eta = f(d)$ по математической модели приведены в таблице 2, а их графические изображения приведены на рисунках 7-10.

Таблица 2 – Зависимость электромагнитных нагрузок от диаметра провода

$d, \text{ м}$	0,40	0,50	0,60	0,71	0,80	0,90	1,00	1,06	1,12	1,18	1,25
$d_{из}, \text{ м}$	0,44	0,545	0,655	0,77	0,865	0,965	1,08	1,14	1,2	1,26	1,33
$g \cdot 10^{-8}, \text{ м}$	12,6	19,6	28,3	39,6	50,3	63,6	78,5	88,3	98,5	109,4	123,7
Расчетные величины											
$K_{лм}$	0,750	0,764	0,762	0,772	0,777	0,790	0,778	0,785	0,791	0,796	0,802
N	1869	1219	843	610	483	389	310	278	251	228	205
$R_a, \text{ Ом}$	9,81	4,09	1,96	1,02	0,63	0,40	0,26	0,21	0,17	0,14	0,11
$j \cdot 10^{-6} \text{ А/м}^2$	7,54	7,48	7,49	7,44	7,42	7,36	7,41	7,38	7,36	7,33	7,31
$e, \text{ В}$	4,24	2,79	1,93	1,40	1,12	0,91	0,72	0,65	0,59	0,53	0,48
$A \cdot 10^4 \text{ А/м}$	1,13	1,14	1,14	1,15	1,15	1,16	1,15	1,16	1,16	1,16	1,17
$M_{эм}, \text{ Н} \cdot \text{ м}$	0,617	0,623	0,622	0,626	0,628	0,633	0,629	0,631	0,634	0,636	0,638

$P_{\Sigma M}, Bm$	355,2	358,6	357,9	360,5	361,6	364,8	362,1	363,6	365,1	366,3	367,7
I_a, A	1,90	2,94	4,24	5,89	7,47	9,36	11,6	13,04	14,5	16,1	17,9
$X_a, Ом$	5,03	2,14	1,02	0,54	0,34	0,22	0,14	0,11	0,09	0,07	0,06
E, B	187,3	122,1	84,4	61,2	48,4	38,9	31,1	27,9	25,2	22,8	20,5
$U_{ном}, B$	208,7	136,2	94,3	68,4	54,3	43,7	35,1	31,5	28,5	25,8	23,3
P_{∂}, Bm	3,96	4,00	4,00	4,03	4,05	4,10	4,08	4,10	4,12	4,15	4,17
$P_{миф}, Bm$	0,55	0,85	1,22	1,70	2,15	2,70	3,35	3,76	4,17	4,62	5,16
P_{mn}, Bm	8,77	8,82	8,81	8,85	8,87	8,91	8,87	8,89	8,91	8,93	8,95
P_2, Bm	319,2	322,2	321,3	323,2	323,8	326,4	323,1	324,2	325,2	325,9	326,7
P_1, Bm	395,8	399,9	399,9	403,3	405,3	409,6	407,9	410,2	412,5	414,6	417,1
$\eta, \%$	80,66	80,58	80,34	80,13	79,90	79,68	79,20	79,02	78,83	78,61	78,35

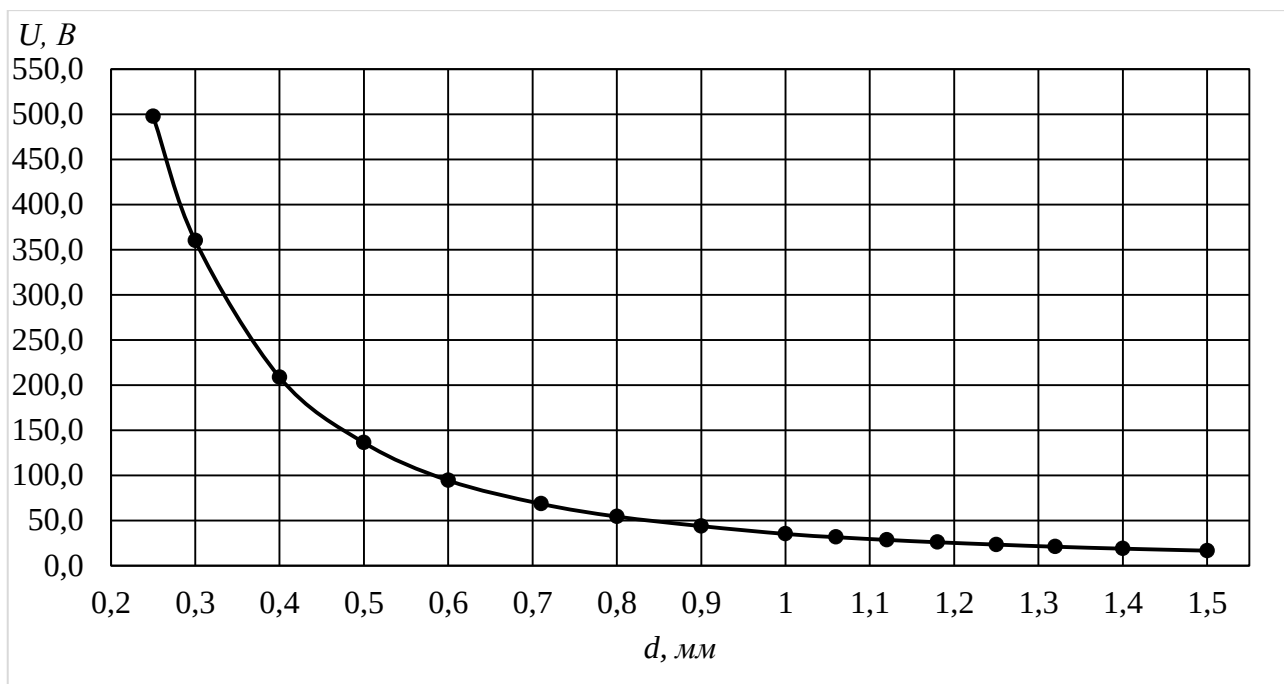


Рисунок 7 – Зависимость $U = f(d)$ при $n_{ном} = 5500$ об/мин; $D = 0,05$ м; $\lambda = \text{const}$

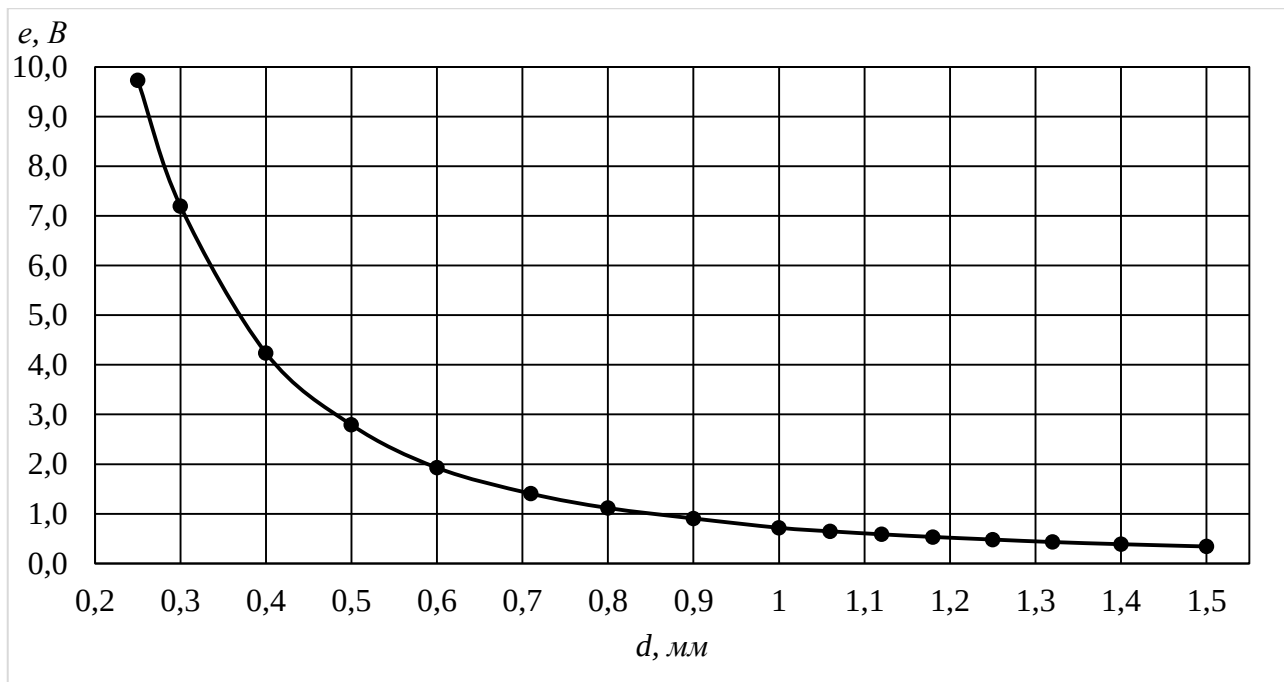


Рисунок 8 – Зависимость $e = f(d)$ при $n_{ном} = 5500 \text{ об/мин}$; $D = 0,05 \text{ м}$; $\lambda = \text{const}$

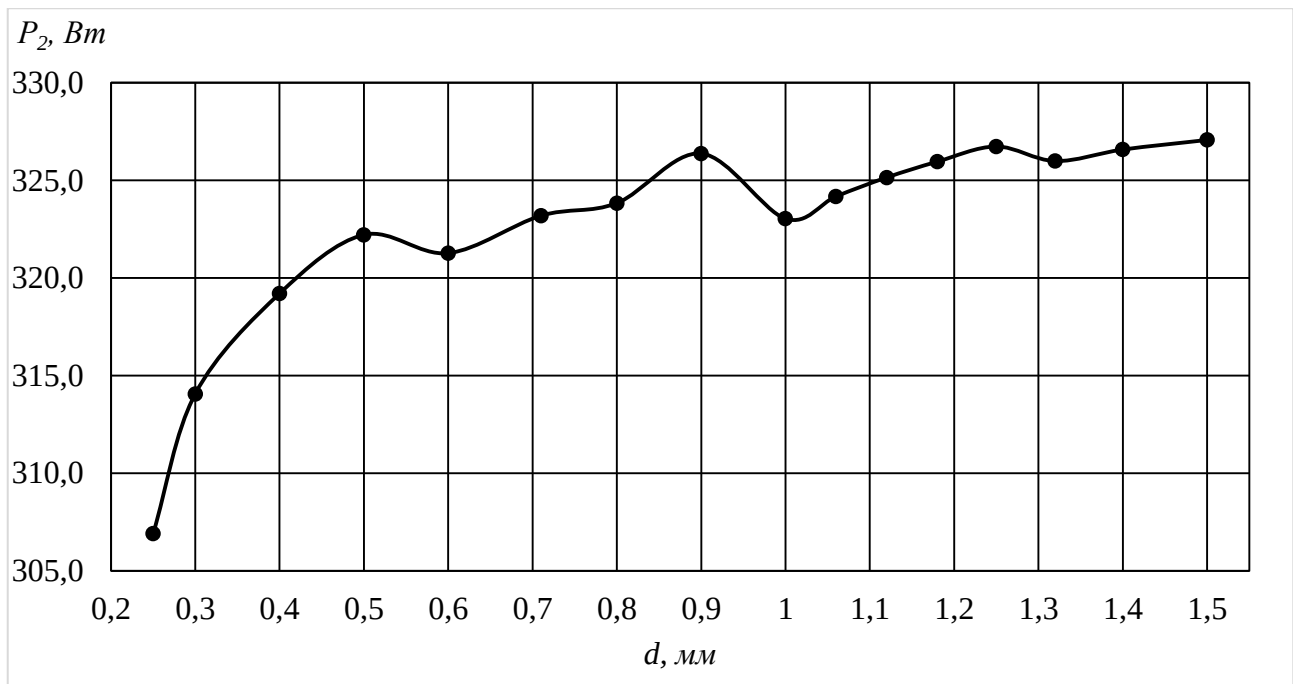


Рисунок 9 – Зависимость $P_2 = f(d)$ при $n_{ном} = 5500$ об/мин; $D = 0,05$ м; $\lambda = \text{const}$

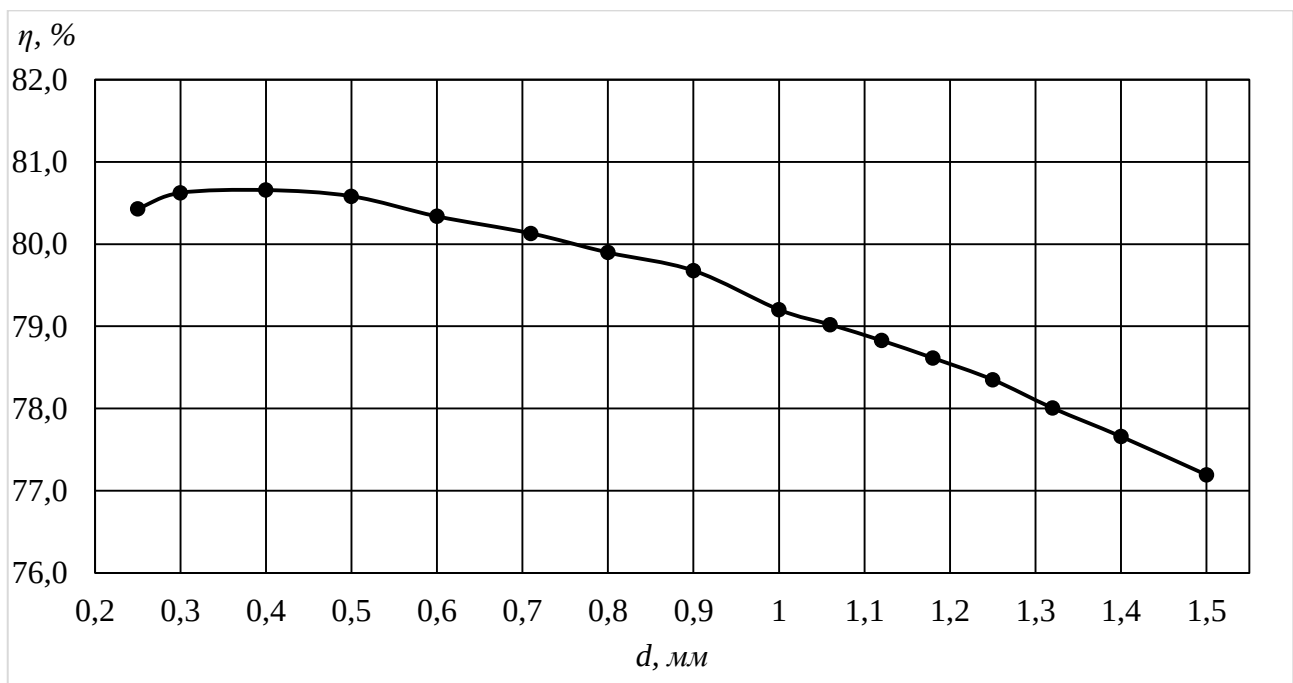


Рисунок 10 – Зависимость $\eta = f(d)$ при $n_{ном} = 5500$ об/мин; $D = 0,05$ м; $\lambda = \text{const}$

Использование предложенного подхода с применением математической модели двигателя постоянного тока позволит ускорить расчет электродвигателя с максимальной удельной мощностью за счет более точного выбора электромагнитных нагрузок и геометрии якоря.

Список литературы

1. Ермолин, Н.П. Расчет коллекторных машин малой мощности : учеб. пособие / Н.П. Ермолин. – изд. 2-е. – Л.: Энергия, 1973. – 213 с.
2. Морозов, А.Г. Расчет электрических машин постоянного тока: учеб. пособие для втузов /А.Г.Морозов. - Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1977. -264 с. с илл.
3. Проектирование электрических машин : учеб. для вузов. – В 2-х кн.: Кн.2 / И.П. Копылов, Б.К. Клоков, В.П. Морозкин, Б.Ф. Токарев; под ред. И.П. Копылова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1993. – 384 с. – ISBN 5 – 283 – 00725 – 1 (кн. 2).
- 4 Ерунов, В.П. Математическая модель двигателя постоянного тока малой мощности для выбора размеров якоря и электромагнитных нагрузок /В.П.Ерунов, Е.М.Рахимов // Труды всероссийской научно-технической конференции «Энергетика: состояние, проблемы, перспективы.» -Оренбург: ФГБОУВО ОГУ, 2018. – ISBN 978-5-7410-2197-2

К ВЫБОРУ МЕТОДА РАСЧЁТА МАГНИТНОГО ПОЛЯ РАССЕЯНИЯ ПАЗА РОТОРА

Жоке А.Н.

Оренбургский государственный университет

Задачи, возникающие при определении параметров пазовой части обмотки ротора асинхронного двигателя, могут быть решены только на основе всестороннего анализа магнитного поля рассеяния.

В произвольном режиме работы асинхронного двигателя (скольжение изменяется от $s=1$ до $s=0$) магнитное поле пазового рассеяния описывается следующей системой уравнений (с учётом общепринятых допущений):

$$\left\{ \begin{array}{l} \operatorname{rot} \bar{H} = \bar{J}_{cm} + \bar{J} \\ \operatorname{div} \bar{B} = 0 \\ \bar{B} = \mu \cdot \bar{H} \\ \operatorname{rot} \bar{E} = -\frac{\partial \bar{B}}{\partial t} \\ \bar{J} = \gamma \cdot \bar{E} \\ \operatorname{div} \bar{J} = 0 \end{array} \right. , \quad (1)$$

где $\bar{B}$ – вектор магнитной индукции;

$\bar{H}$ – вектор напряженности магнитного поля;

$\bar{E}$ – вектор напряженности электрического поля;

$\bar{J}$ – вектор плотности тока проводимости;

$\bar{J}_{cm}$ – вектор плотности сторонних токов;

γ – электрическая проводимость материала токопроводящей среды;

μ – магнитная проницаемость материала среды в расчётной области.

Методы исследования магнитных полей в электрических машинах можно подразделить на следующие группы: аналитические методы, физического и математического моделирования, экспериментальные исследования.

Аналитические методы основаны на точном или приближенном решении уравнений Максвелла, описывающих электромагнитное поле. Решение получается в виде конечного аналитического выражения. Погрешности решения определяются принятыми допущениями.

Аналитические методы нашли распространение в расчетах стационарных электромагнитных полей и параметров обмоток. Например, проводимость пути потока пазового рассеяния определяется методом Роговского при решении задачи в двухмерной постановке [1]. Задача решена с помощью векторного потенциала магнитного поля $\bar{A}$ в системе координатных осей X-Y.

Аналитический метод решения использован для решения задачи о вытеснении тока в открытом прямоугольном пазу, в котором расположен массивный стержень. Задача решена в одномерной постановке непосредственно через вектора поля. В результате решения получены значения коэффициента увеличения сопротивления k_r и коэффициент демпфирования k_d [1]. Решение используется при определении параметров короткозамкнутых обмоток ротора асинхронных двигателей [2].

Одним из недостатков аналитических методов расчета магнитного поля является тот факт, что они не позволяют учитывать реальное насыщение участков магнитной цепи.

Широкое применение для исследования магнитных полей получили численные методы, например, такие как метод конечных разностей (МКР), метод конечных элементов (МКЭ), метод интегральных уравнений, или метод вторичных источников, и другие методы. Метод конечных разностей позволяет учитывать реальное насыщение отдельных участков магнитной цепи, конечные размеры конструктивных элементов и выполнять расчёты без тех допущений, которые принимаются при исследовании идеализированной машины аналитическими методами. В зависимости от сложности границ исследуемой области и поставленной задачи расчёты выполняются в прямоугольной или цилиндрической системе координат. С целью повышения точности описания границ расчётных областей используется обе системы координатных осей [3].

Метод конечных разностей находит применение для расчёта стационарных и квазистационарных магнитных полей как в активной зоне электрической машины, так и в торцевых зонах. Вопросы практического использования МКР для расчёта квазистационарных магнитных полей рассматриваются, например, в работах [3,4].

Основным недостатком МКР является медленная сходимость итерационного процесса. С целью ускорения сходимости используют метод верхней релаксации, автоматическую корректировку коэффициента верхней релаксации, корректировку решения, основанную на использовании закона полного тока. Используют либо аддитивный вариант корректировки, либо мультипликативный вариант, возможны и различные модификации этих методов.

Широкое распространение на практике получил и МКЭ. Этот метод обладает следующими достоинствами:

- метод является более гибким в описании границ сред с различными электрическими и магнитными характеристиками;
- решение выполняется прямыми методами, а не итерационными.

Наибольшее распространение метод получил для расчётов стационарных магнитных полей.

Промежуточное положение между аналитическими и численными методами занимает метод интегральных уравнений, разработанный Тозони О.В. Применение метода в расчётах квазистационарных магнитных полей в электрических машинах сдерживается трудностями, возникающими при решении

громоздких систем интегральных уравнений. Решение задачи ещё более усугубляется при учёте насыщения ферромагнитных элементов.

Аналоговые методы математического моделирования базируются на аналогии уравнений, описывающих процессы в моделях и оригинале. При этом соответствующие величины имеют различную физическую природу. Аналоговые методы моделирования магнитных полей нашли развитие в работах Демирчяна К.С.. Моделирование магнитного поля выполняется при помощи электролитической ванны, моделей из электропроводящей бумаги, а также с помощью сеточных моделей.

Широкое распространение получили методы физического моделирования. Применительно к задачам электромеханики основные вопросы этого метода разработаны Ивановым - Смоленским А.В. Достоинством метода физического моделирования является возможность воспроизведения явления или процесса на модели изучаемого объекта. Это позволяет получить весьма точные результаты при малых экономических затратах. При исследовании магнитных полей в локальных областях достаточно смоделировать часть изделия. Например, исследование параметров лобовой части обмотки может быть выполнено на модели концевой зоны электрической машины. Моделирование электромагнитных процессов в концевой зоне электрической машины, содержащей токопроводящие элементы, не всегда возможно из-за трудностей соблюдения всех критериев подобия.

Несмотря на многообразие методов исследования магнитных полей в электрической машине, для расчёта магнитного поля и параметров обмотки ротора наиболее приемлем метод конечных разностей. Метод позволяет учесть как реальные характеристики магнитных и токопроводящих элементов, расположенных в расчётной области, так и реальную геометрию зубцовой зоны ротора.

Список литературы

1. Сипайлов, Г.А. Электрические машины (специальный курс)/ Г.А. Сипайлов, Е.В. Кононенко, К.А. Хорьков – М.: Высш. шк., 1987.-287 с.: ил.8.1.2
2. 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 проф. образование: бакалавриат, магистратура).
3. Кутарёв, А.М. Определение коэффициента удельной проводимости рассеяния лопаточного паза ротора асинхронного двигателя по результатам расчёта магнитного поля [Электронный ресурс] / Кутарёв А.М., Падеев А.С., Гункин Д.И. // Энергетика: состояние, проблемы, перспективы : тр. IX Всерос. науч.-техн. конф., 23-25 окт. 2018 г., Оренбург / М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Электрон. дан. - Оренбург: ОГУ, 2018. - С. 204-209. - 5 с.

4. 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.

К ВОПРОСУ МОДЕРНИЗАЦИИ ПОНИЗИТЕЛЬНЫХ ПОДСТАНЦИЙ ВОСТОЧНОГО ОРЕНБУРЖЬЯ

Задорожный В.Д., канд. техн. наук., доцент
Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ОГУ

Оренбургская энергетике в 2019 году исполняется 120 лет. 25 января 1899 года на берегу Урала была смонтирована и дала ток первая городская электрическая станция. В 20-30 годах XX века были сделаны реальные шаги по электрификации нашего края. Поставлена под нагрузку временная электростанция в Орске, введен в эксплуатацию первый турбогенератор на электростанции "Красный Маяк" в областном центре, в 1938 году дала ток Орская ТЭЦ-1. В 1943 году решением Государственного Комитета Обороны СССР было образовано районное энергетическое управление "Орскэнерго", переименованное в последствии в «Оренбургэнерго», чем положено начало созданию энергетической системы Оренбургской области. История Восточного ПО начинается 11 декабря 1943 года, когда было образовано управление Орского высоковольтного сетевого района и зарегистрировано как самостоятельное хозяйственное предприятие в составе Чкаловэнерго, а в 1951 году включена первая ВЛ-110 кВ Орск-Ириклинская ГЭС. Одновременно с созданием новых энергетических мощностей в 60-70-е годы велись работы по строительству линий электропередачи и подстанций которые позволили обеспечить переток электроэнергии из Восточного Оренбуржья в центр области, а также создать условия для более надежного энергообеспечения и полной электрофикации нашей области. Динамика ввода в эксплуатацию и количество подстанций (ПС) представлена на рисунке 1 [1].

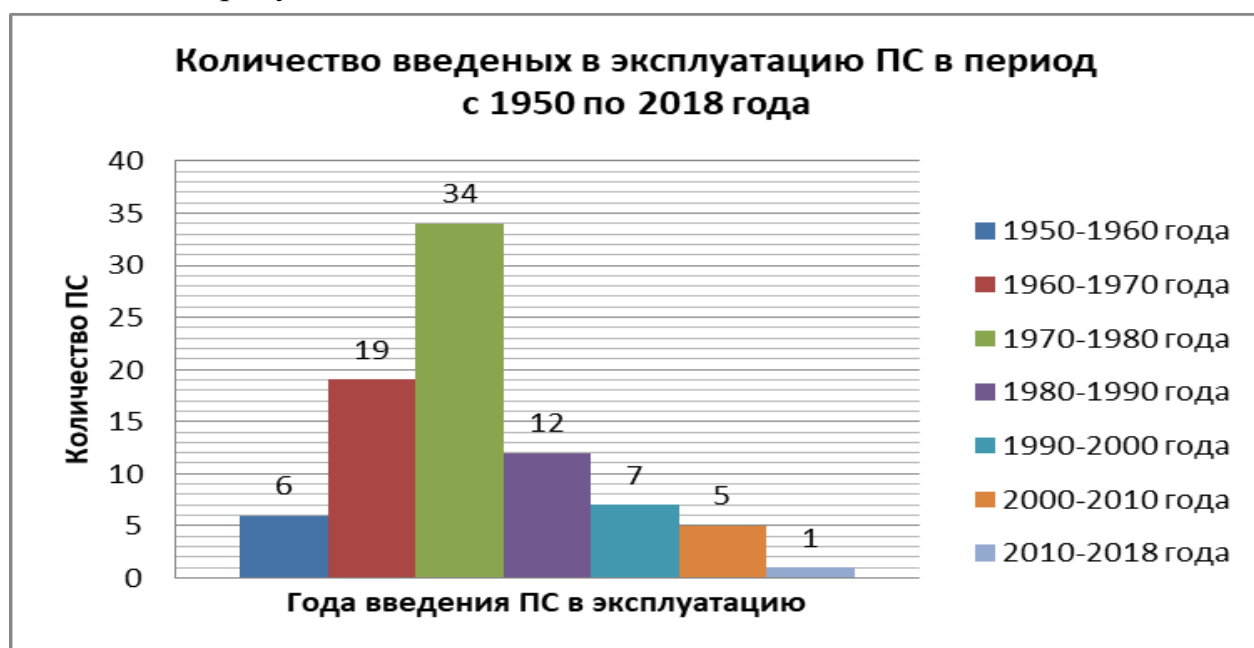


Рисунок 1 – Количество введенных в эксплуатацию ПС по годам

Как следует из приведенной на рисунке 1 диаграммы, практически половина ПС Восточного Оренбуржья была введена в строй в 70-80-е годы, т.е. они находятся в эксплуатации 30-40 лет. С момента сдачи подстанций в эксплуатацию каких-либо серьезных модернизаций и реконструкций на них, в большинстве случаев не проводилось. На данный момент количество реконструкций не превысило 15% от общего количества подстанций Восточного ПО. Основное оборудование подстанции отработало нормативный срок службы (25 лет). Оно не удовлетворяет требованиям надежности, дальнейшая его эксплуатация связана с неоправданными расходами на поддержание его в работоспособном состоянии и с высокой частотой отказов силового оборудования и средств релейной защиты. На данный момент оборудование подстанций устарело морально и физически. Постоянно возрастает частота отказов силового оборудования и устройств релейной защиты и автоматики. Все это отрицательно сказывается на надежности электроснабжения потребителей. Для устранения этих недостатков необходимо интенсивными темпами проводить модернизацию подстанций [2].

Такая же ситуация складывается и с силовым оборудованием, установленным на подстанциях Восточного ПО. На рисунках 2 и 3 указаны годы выпуска силового оборудования.

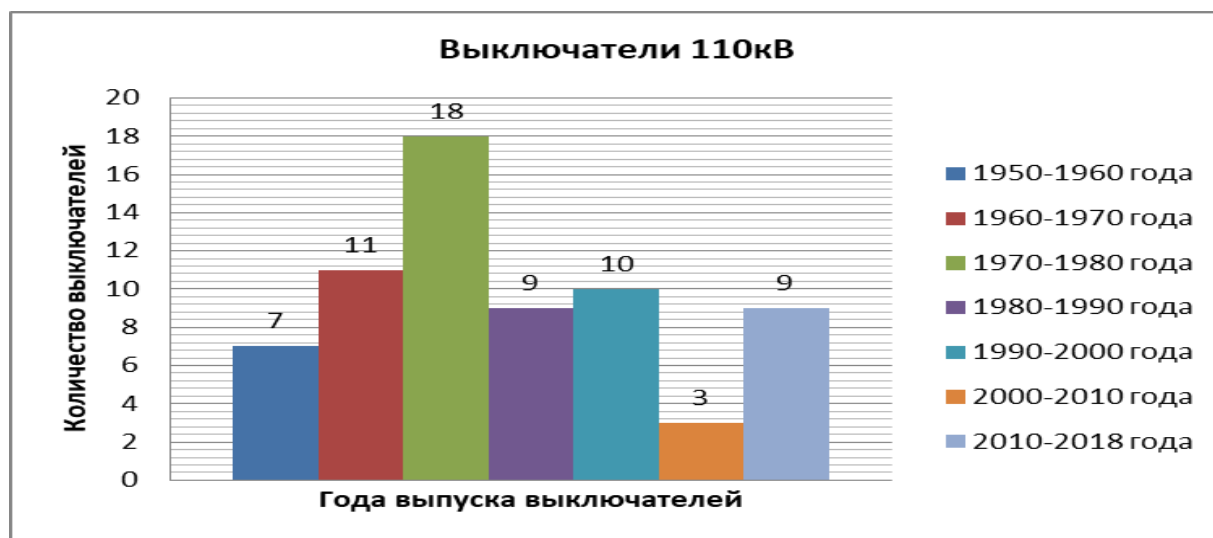
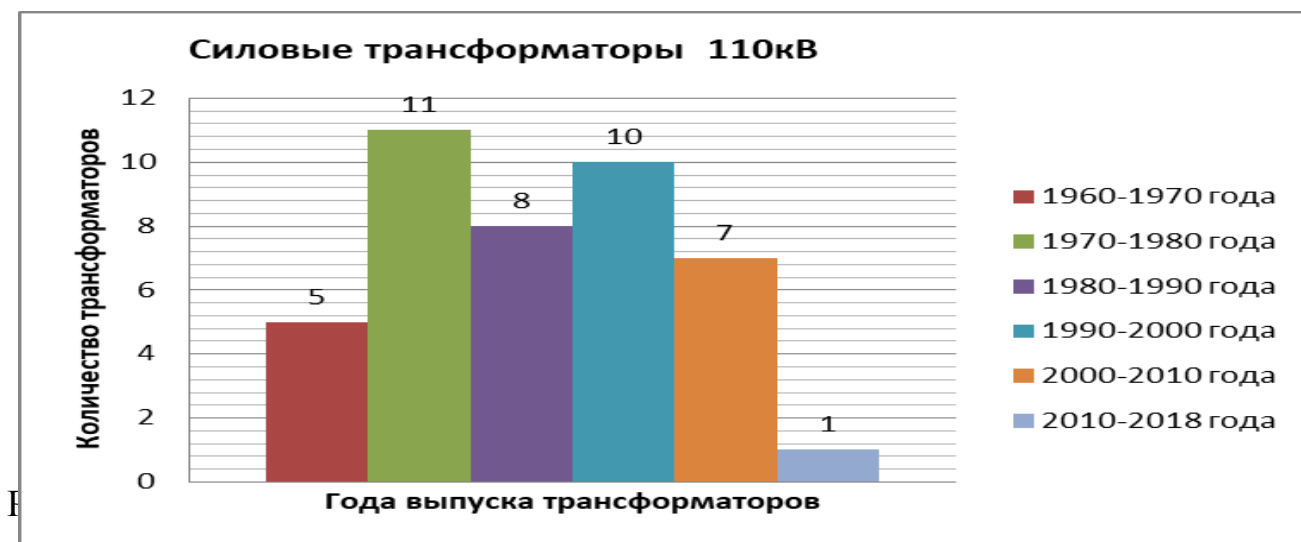


Рисунок 3 – Количество и года выпусков выключателей 110 кВ

Нормативный срок службы силового оборудования составляет 25 – 30 лет. Как видно из данных рисунков, около 60% установленного оборудования выработали свой нормативный срок службы и требуют замены. В последнее время интенсивно увеличивается рост потребления электроэнергии, что требует увеличение мощностей силовых трансформаторов. К примеру, в г. Орске за последние 5 лет произвели реконструкцию подстанции Елшанская 110/35/10кВ и подстанции Городская 35/10кВ с заменой силовых трансформаторов на более мощные (40 МВА и 16МВА вместо 25МВА и 10МВА) и силовых выключателей.

Согласно статьи 5 «Технологическая и экономическая основы функционирования электроэнергетики» Федерального закона Российской Федерации № 35ФЗ «Об электроэнергетике» «....субъекты электроэнергетики и потребители электрической энергии обязаны соблюдать требования настоящего Федерального закона, других федеральных законов и принимаемых в соответствии с ними нормативных правовых актов Российской Федерации в области электроэнергетики, устанавливающих соответствующие требования к обеспечению надежности электроэнергетических систем, надежности и безопасности объектов электроэнергетики и энергопринимающих установок» [3].

Т.о. модернизация понизительных подстанций в настоящий момент является жизненно необходимой и требующей внимания на всех уровнях государственной власти.

Список литературы

1. www.mrsk-volgi.ru
2. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Издание седьмое. Утверждены Приказом Минэнерго России от 08.07.2002 № 204
3. Федеральный закон Российской Федерации от 26 марта 2003 г. № 35ФЗ «Об электроэнергетике».

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ МЕХАНИЗМА НАПОРА ЭКСКАВАТОРА ЭКГ-10 ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЕГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ

Зенчик В.В., Греков Э.Л., Безгин А.С.
Оренбургский государственный университет

На сегодняшний день экскаватор является основным типом землеройных машин, который в роли рабочего органа оснащён ковшом. Основным назначением является разработка различных грунтов (горных пород, полезных ископаемых) и погрузка сыпучих материалов.

Наиболее сложным этапом работы является процедура заполнения ковша породой (экскавация). Здесь главную роль играет привод напора экскаватора. Наблюдение за процессом внедрения ковша в разрабатываемую породу можно вести только косвенно - по скорости движения и характеру заполнения его грунтом. Этот момент времени для привода напора является максимально нагруженным.

Для дальнейшей реализации возможности получения рабочих данных электроприводов экскаватора необходимо разработать модель электромеханической системы этих приводов, в данном случае привода напора.

При разработке разных моделей сложных электромеханических систем, в том числе и основного привода экскаватора, необходима точная оценка принятия определенного структурного решения. Такую оценку можно дать, проанализировав результаты математической модели, определенного структурного или схематического решения.

Имитационное или компьютерное моделирование — это частный случай математического моделирования и является методом моделирования объектов и процессов на ЭВМ. Данная операция необходима для воспроизведения работы исследуемой системы на основе результатов, полученных при анализе наиболее существенных взаимосвязей между её элементами или в разработке симулятора исследуемой структуры. Компьютерная модель позволяет воссоздать поведение реальной системы во времени. Причём регулировать время в модели можно: путем замедления, в случае с быстропротекающими процессами и ускорения, для моделирования систем с медленной изменчивостью. Так же имеется возможность имитации поведения таких объектов, реальные эксперименты с которыми дороги, невозможны или опасны

Для создания электромеханической компьютерной модели привода напора экскаватора лучше всего подходит среда MATLAB.

MATLAB — это [пакет прикладных программ](#) для решения задач технических вычислений и одноимённый [язык программирования](#), используемый в этом пакете. Пакет используют более миллиона инженерных и научных работников, он работает на большинстве современных [операционных систем](#), включая [Linux](#), [Mac OS](#), [Solaris](#) (начиная с версии R2010b

поддержка [Solaris](#) прекращена) и [Windows](#). Для дальнейшей работы рассмотрим подробнее одну из программ.

Интерактивная среда Simulink позволяет использовать уже готовые библиотеки блоков для создания электрических, механических и гидравлических систем, а также применять развитый модельно-ориентированный подход при разработке систем управления, различных средств цифровой связи и устройств реального времени.

Для моделирования электрической схемы привода напора экскаватора используются элементы библиотек Simscape и SimPowerSystems.

Структурная схема компьютерной модели, разработанной в среде Simulink, представлена на рисунке 1. Модель содержит три основных блока:

- 1) асинхронный двухфазный двигатель ДПЭ 200-1/2 ;
- 2) блок ТНПЧ, в который включены: 2 реверсивных моста, модель питающей сети с трансформаторами и система импульсно-фазового управления (СИФУ);
- 3) векторная система управления ТНПЧ.

Данная модель работает аналогично алгоритмам программного обеспечения блока управления (БУ) реального экскаватора. Данный блок содержит пару микроконтроллеров: первый реализует функции СИФУ с частотой тактирования программы 36кГц; второй реализует векторную структуру управления с частотой дискретизации равной 4.8кГц. Структура КМ является дискретной и рассчитывается с частотой, равной 36 кГц. Сигналы, поступающие в векторную СУ, передаются через трансмитеры, которые согласовывают основную частоту первого микроконтроллера с частотой расчета векторной СУ второго. Для правильной работы цифровой системы управления необходимо, чтобы сигналы не достигали насыщения. Для этого принимается формат чисел в КМ в виде ± 1 о.е., что в программном обеспечении для переменных в шестнадцати битной системе составляет примерно 0x7FFF/0x8001. Максимальные рабочие сигналы СУ в статических режимах приняты равными 0.75 о.е., оставшуюся часть используют для возможного перерегулирования в динамических режимах. Построенная таким образом компьютерная модель является аналогичной двухпроцессорной плате блока управления реального экскаватора.

Моделируемая схема имеет следующие допущения: магнитная цепь машины не насыщается, параметры схемы замещения двигателя не изменяются при изменении скольжения двигателя, то есть не учитывается эффект вытеснения тока, и параметры схемы замещения не изменяются при изменении температуры двигателя.

Блок "ТНПЧ" состоит из блока "set", моделирующего сеть, и двух одинаковых блоков "Tir Rev Vpr", моделирующих работу реверсивного тиристорного трехфазного мостового выпрямителя с СИФУ.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ПОДСТАНЦИИ 10 и 6 КВ С РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТОЙ НА БАЗЕ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ БЛОКОВ

Иваков Д.Ю.

Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ОГУ

Как известно, протекающие в электрических сетях процессы характеризуются высокой скоростью, поэтому к оборудованию, применяемому в АСУ ЭС, предъявляются особые требования по быстродействию. Оборудование для сбора данных должно обладать встроенными часами и достаточным быстродействием для фиксации дискретных событий, присваивать метку времени измененному параметру по показаниям встроенного таймера и иметь буфер для хранения формируемых таким образом сообщений. Точность задания временных параметров современных устройств защиты составляет 10мс., поэтому для эффективного контроля работы этих средств, требуется соответствующее быстродействие аппаратуры для сбора данных. Реальная точность фиксации дискретного состояния с учетом фильтрации переходных процессов, не должна превышать единиц миллисекунд, что соизмеримо с длительностью полупериода напряжения промышленной частоты. Единая оптимизированная программно-аппаратная среда с механизмом работы “по событиям”, наличие приоритетов сообщений и команд позволяет надежно обрабатывать большие объемы неравномерно поступающей информации.

Для привязки параметров всех объектов системы к единому времени применяется устройство синхронизации времени, основанное, как правило, на стандарте GPS. Архитектура АСУ ЭС предусматривает функционирование сервера АСУ ЭС в качестве источника единого времени всех компонентов системы и взаимную синхронизацию часов полевого оборудования с точностью до единиц миллисекунд. Выбор состава полевого оборудования при реализации проекта автоматизации системы электроснабжения определяется, с одной стороны, функционалом АСУ ЭС, и, с другой - требованиями к надежности электроснабжения и оперативному изменению настроек защит и автоматики.

Для автоматизации подстанций применяются специализированные контроллеры, в микропрограммное обеспечение которых включены алгоритмы обработки данных, отвечающие принципам мониторинга и управления электроснабжением. Контроллеры сопоставляют измеренным значениям и сигналам метки реального времени, обеспечивают принцип «выбор до управления» (SBO), заложенный в основу дистанционного управления коммутационными аппаратами. Буфер событий исключает потери данных в случае лавинообразного роста событий при развитии аварий.

При повышенных требованиях к надежности электроснабжения технологического оборудования в распределительных устройствах высоковольтных подстанций осуществляется реконструкция релейной защиты

(РЗА) с установкой микропроцессорных устройств защиты (МЗ). Устройства МЗ в составе АСУ ЭС производят дистанционный контроль и управление установками защит, осциллографирование развития аварийных ситуаций, и, кроме этого, выполняют сбор информации, аналогично RTU. Дополнительно МЗ обеспечивают функции телеуправления коммутационными аппаратами. При автоматизации трансформаторных подстанций 0,4 кВ, как правило, применяются менее мощные контроллеры, а также цифровые преобразователи, которые устанавливаются на вводных присоединениях и на наиболее ответственных отходящих присоединениях и обеспечивают контроль физических параметров.

Известная электротехническая фирма «Шнейдер Электрик» выпускает и поставляет в Россию различное электрооборудование и в том числе микропроцессорные (цифровые) реле-терминалы серии SEPAM, а также низковольтные автоматические выключатели (АВ) серии Compact и Masterpact.

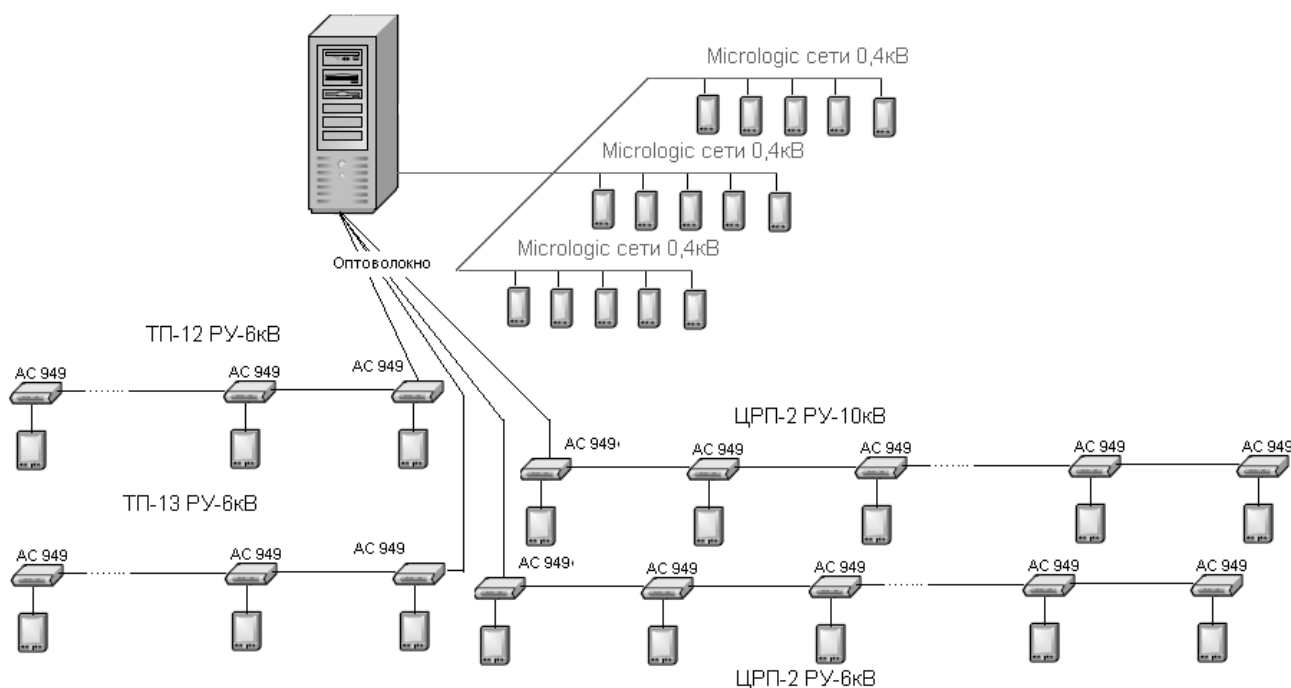


Рисунок 2 - Схема информационной сети

10.1.1 SEPAM.

Использование микропроцессорных (цифровых) реле-терминалов серии Seram позволяет создать гибкую архитектуру, для адаптации к наибольшему количеству возможных применений, за счет использования дополнительных модулей и возможность модернизации установки, Seram могут быть функционально улучшены путем добавления различных модулей.

Использование модулей "Plug & play", простота их установки и подсоединения.

Общий для всех типов Seram ввод в эксплуатацию путем параметрирования с помощью программного обеспечения.

Наглядно блок Seram представлен на рисунке 3.

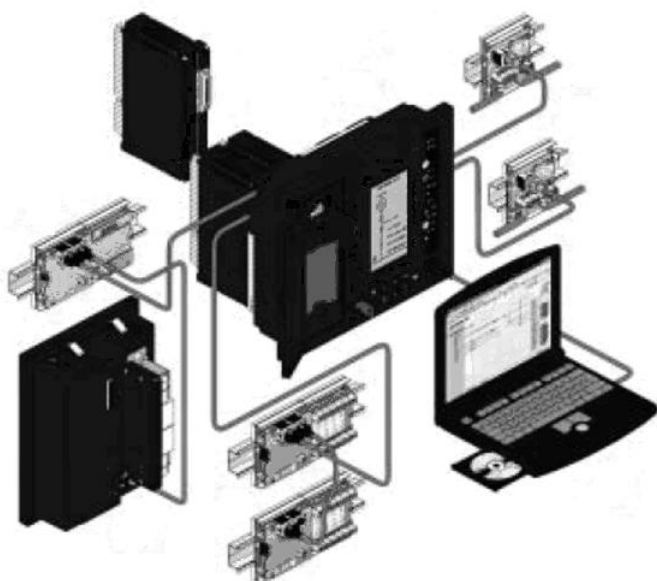


Рисунок 3 - Seram серии 80

Seram позволяет сократить затраты и время проведения технического обслуживания системы защиты.

Модули и разъемы Seram отсоединяются без каких-либо особых мер предосторожности.

Дополнительные модули являются общими для всех типов Seram, что позволяет сократить количество запасных частей.

Seram серии 80 имеет съемный картридж, в результате чего упрощаются операции технического обслуживания.

Seram для бесперебойной работы обеспечивает всей информацией, необходимой для оптимального управления и эксплуатации электроустановки.

В случае отключения при возникновении повреждения Seram выдает пользователю четкую и полную информацию, что позволяет в кратчайшие сроки восстановить питание сети.

За счет функций диагностики выключателей, используемых Seram, упрощается процедура профилактического и технического обслуживания оборудования.

Прогностические данные, выдаваемые функциями защиты двигателей, позволяющие оптимизировать управление процессом.

Seram имеет многочисленные процедуры самотестирования, реализуемые с помощью базового устройства и дополнительных модулей.

Самотестирование проводится с целью:

- обнаружения внутренних повреждений, которые могут привести к несвоевременному отключению или к неотключению при коротком замыкании;
- установке Seram в безопасное положение, позволяющее избежать несвоевременного срабатывания;

- оповещения пользователя о необходимости проведения технического обслуживания.

Контролируемые внутренние повреждения подразделяются на две категории:

- серьезные повреждения: остановка Sepam в предварительно определенном безопасном положении. При этом защиты блокируются, выходные реле переводятся в начальное состояние, и на выходе устройства отслеживания готовности появляется сигнал об остановке Sepam.

- незначительные повреждения: ухудшение работы Sepam. При этом основные функции Sepam сохраняются, защита оборудования обеспечивается.

Также имеется функция диагностики выключателей предоставляют пользователю следующую информацию:

- механическое состояние выключателя;

- дополнительные данные Sepam, которые используются при проведении профилактического и ремонтного технического обслуживания выключателей.

Эти измерения нужно сравнивать с данными, предоставленными изготовителем выключателей.

Для обеспечения быстрой и эффективной работы и, следовательно, для снижения расходов на эксплуатацию и техническое обслуживание электрической сети, все эксплуатационные данные и информация о техническом обслуживании:

- доступна при местной работе и дистанционно;

- представлена на языке пользователя.

Вся информация, необходимая для местного управления и диагностики установки, ясно и четко отображается на графическом жидкокристаллическом дисплее (LCD) человеко-машинного интерфейса.

Информация на дисплее человеко-машинного интерфейса может быть представлена на языке пользователя.

Отображение персонализированных аварийных и предупредительных сообщений.

Дистанционная эксплуатация осуществляется за счет подсоединения Sepam к 2 различным типам сети связи:

Сети диспетчерского управления или S-LAN (Supervisory Local Area Network) для дистанционного управления и контроля Sepam, подключенных к системе диспетчерского управления (SCADAилиRTU).

Эксплуатационные сети или E-LAN (Engineering Local Area Network), специально предназначенные для дистанционного параметрирования Sepam и централизованной диагностики установки с помощью программного обеспечения SFT 2841.

Сеть S-LAN используется для обеспечения функций диспетчерского управления установкой и электрической сетью. S-LAN позволяет подключить все средства связи по одному и тому же протоколу связи к централизованной системе диспетчерского управления (супервизору). Sepam подключается к сети S-LAN на основании следующих протоколов:

- Modbus RTU;
- DNP3;
- IEC60870(5)(103).

Сеть E-LAN используется для обеспечения функций параметрирования и эксплуатации Sepam. E-LAN позволяет подключить все устройства Sepam к ПК, оборудованному программным обеспечением SFT 2841. С помощью SFT 2841 пользователю обеспечивается дистанционный и централизованный доступ ко всем данным, имеющимся в Sepam, без необходимости разработки специальной программы связи. Таким образом, пользователь получает возможность в очень простой форме выполнять следующее:

- устанавливать основные параметры и настройки функций Sepam;
- получать от устройств Sepam всю информацию по эксплуатации и данные диагностики;
- управлять системой защиты электрической сети;
- контролировать состояние электрической сети;
- проводить диагностику любого сбоя в работе электрической сети.

Данные, переданные от Sepam на супервизор

Результаты измерений и данные диагностики, измеренные Sepam, к которым имеется дистанционный доступ, группируются по следующим категориям:

- измерения значений: тока, напряжения, частоты, мощности, температуры и т.д.;
- измерения энергии: данные счетчиков энергии или счетчиков импульсного типа;
- данные диагностики сети: сдвиг фаз, токи отключения, коэффициент несимметрии и т.д.;
- данные диагностики электрической машины: нагрев, время пуска двигателя, время работы до отключения по перегрузке, время ожидания после отключения и т.д.;
- данные диагностики выключателей: кумулятивное значение токов отключения, время работы и количество коммутаций, время взвода привода и т.д.;
- данные диагностики Sepam: незначительное повреждение или серьезное повреждение и т.д.;
- данные счетчиков Logipam.

Телесигнализация

Данные о логическом состоянии, доступные дистанционно, сгруппированы по следующим категориям:

- аварийные сигналы и данные о внутреннем состоянии;
- данные о состоянии логических входов;
- данные о состоянии логических выходов;
- данные о состоянии 9 сигнальных ламп на передней панели Sepam;
- данные о состоянии выходных битов логических уравнений.

Аварийные сигналы и внутренние состояния являются данными телесигнализации (TS), предварительно назначенными различным функциям защиты или управления. TS используются в зависимости от типа Seram и могут быть переназначены с помощью программы Logipam. Данные телесигнализации, передаваемые по линии связи, следующие:

- аварийные сигналы, выдаваемые всеми функциями защиты;
- аварийные сигналы, выдаваемые функциями контроля: неисправность ТТ или ТН, неисправность цепи управления;

Данные о состоянии Seram:

- Seram не квитирован;
- запрет телерегулировки, запрет передачи телекоманд;

Данные о состоянии следующих функций:

- АПВ: в работе / заблокировано, АПВ в действии / успешное АПВ, окончательное отключение;
- запись осциллограмм аварийных режимов: блокировка записи / сохранение в памяти.

Данные, переданные от супервизора на Seram

Передача команд дистанционного управления импульсного типа (телекоманд) (ТС) может осуществляться в одном из следующих двух режимов, выбранном в соответствии с установленными параметрами:

- в прямом режиме;
- в подтвержденном режиме SBO (Select Before Operate) (выбор с подтверждением).

Телекоманды заранее заданы и соответствуют различным функциям измерения, защиты и управления и используются в зависимости от типа Seram.

Телекоманды обеспечивают:

- управление выключателем (выключение/включение);
- возврат Seram в исходное состояние (reset) и инициализацию максиметров;
- выбор активной группы уставок с помощью активации группы А или В;
- блокировка или активация следующих функций: АПВ, тепловая защита, запись осциллограмм аварийных режимов.

Телекоманды могут быть переназначены с помощью программы Logipam.

Автоматические выключатели (АВ) серии Compact и Masterpact.

В соответствии со старыми требованиями Правил устройства электроустановок нормы проверки защитной аппаратуры в сетях до 1000 В требовали проверки и обеспечения определенной кратности тока короткого замыкания по отношению к номинальным токам плавких вставок предохранителей и расцепителей автоматических выключателей. Время отключения повреждения не регламентировалось, действие электромагнитных расцепителей было не обязательным, если ток короткого замыкания превышал не менее, чем в три раза номинальный ток теплового расцепителя. Такая проверка устанавливала степень надежности отключения, но не гарантировала быстрого их отключения. Это одна из причин возникновения ситуации, когда

короткие замыкания вовсе не отключаются, а самоустраиваются после полного разрушения попавшего в зону дуги оборудования.

Согласно вступившим в действие с 1 января 2003 года новым требованиям Правил устройства электроустановок, касающимся электробезопасности, и соответствующим международным нормам, одним из важнейших требований к защитной аппаратуре в сетях до 1000 В является требование по обеспечению быстродействия отключения повреждений, связанных с воздействием на человека. Это время, согласно таблице 1.7.1 ПУЭ, зависит от величины напряжения и при фазном напряжении 220 В не должно превышать 0,4 с. Начавшийся переход в настоящее время в России и за рубежом к микропроцессорным (цифровым) защитам автоматики (ЦРЗА) с интеграцией в пределах единого информационного комплекса функций релейной защиты, измерения и коммерческого учета ЭЭ, регулирования и управления электроустановкой направлен на повышение надежности электро- и теплоснабжения потребителей и соответствия современным требованиям безопасности по ПУЭ.

Спектр устройств ЦРЗА для сетей низкого и среднего напряжения предлагаемых потребителю отечественными и зарубежными компаниями, позволяет выполнить полноценные системы защиты для различных объектов.

Цифровые терминалы обладают всеми стандартными функциями микропроцессорных защит, а также измерения системной автоматики, самодиагностики, диагностики работы коммутационных аппаратов и сети, цифрового осциллографирования имеют связь с системой АСУ по интерфейсу RS -485 с открытым протоколом MODBUS. Данные устройства имеют модульную конструкцию и программное формирование защит.

В технических описаниях цифровых реле так же, как и в стандартах МЭК, IEEE, IAS времятоковые характеристики токовых защит заданы математическими формулами. Для построения этих характеристик с целью их согласования с характеристиками других защитных аппаратов (реле и плавких предохранителей) необходимо знать основные традиционные условия выбора уставок максимальных токовых защит (токов срабатывания, характеристик, времени срабатывания).

Сравнительный анализ разных типов обратозависимых времятоковых характеристик цифровых реле и российских аналоговых реле РТВ-1, II, III, РТ-80, а также времятоковых характеристик российских плавких предохранителей типа ПКТ показал, что в большинстве случаев наиболее подходящей для России является «стандартная обратозависимая» или «нормальная» характеристика (МЭК) и ей подобные характеристики стандартов IEEE («умеренно обратозависимая») и IAS («обратозависимая»). Однако может возникнуть необходимость использования и других типов характеристик.

Masterpact является одним из лучших АВ на большие токи в мире. Усовершенствовав базовую модель, компания Schneider Electric выпустила на рынок выключатели Masterpact NT и NW под торговой маркой Merlin Gerin. К основным достоинствам силовых выключателей (возможности выкачивания,

селективности и удобству обслуживания) прибавились встроенные функции связи и измерения при уменьшенных размерах аппарата автоматически размыкает контакты и обеспечивает исключительную эффективность до 150 кА. Он выполняет быстрое отключение в случае возникновения токов короткого замыкания (КЗ) более 37 кА (L1) и 65 кА (Н 3). Если ток КЗ ниже этого значения, система не реагирует, что позволяет обеспечить полную селективность с отходящими аппаратами.

Скорость вычисления, объем памяти и миниатюризация значительно расширяют функции современных расцепителей: расцепитель становится полноценным блоком контроля и управления АВ. Он точно измеряет параметры сети, мгновенно вычисляет значения, запоминает, задает, сигнализирует, передает данные. Аппарат новой серии Masterpact с блоками контроля и управления Micrologic представляет одновременно сверхнадежный орган защиты, и точный измерительный прибор.

Блок контроля и управления Micrologic A/P/H оснащен жидкокристаллическим дисплеем и простыми навигационными клавишами. Пользователь имеет прямой доступ к необходимым параметрам и уставкам. Навигация между экранами осуществляется интуитивно, регулировка предельно упрощена непосредственным считыванием с дисплея. Текстовая информация отображается на выбранном языке (из возможных 6 языков).

АВ Masterpact интегрируются в общую систему диспетчеризации, что оптимизирует его эксплуатационное обслуживание. Архитектура системы передачи данных характеризуется открытостью и может быть адаптирована к любым протоколам.

Функции защиты независимы от измерений. Эти функции управляются электронным элементом ASIC, общим для всех блоков контроля и управления, что гарантирует невосприимчивость к наводимым и излучаемым помехам, а также высокую надежность.

Список литературы

1. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: Учебник для вузов/ В.А. Андреев.- 5-е изд., стер. - М.: Высш. шк., 2007г. – 639с.: ил. ISBN 978-5-06-004826-1
2. Нагай В.И., Маруда И.Ф., Нагай В.В. Резервирование релейной защиты и коммутационных аппаратов электрических распределительных сетей./Под ред. В.И. Нагая. Ростовн/Д: Изд-во журн. «Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион», 2009. - 316 с.
3. Платонов В.В. Анализ задач развития электроэнергетики России и проблемы их реализации. // М., ИБРАЭ РАН, 2009 67 с. Препринт ИБРАЭ РАН № IBRAE-2009-1.

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ И ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Искандаров К.Р. , Рябов М.В.

Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ОГУ

Разберемся сначала в современной трактовке понятия «исследование», проводимое в области электроэнергетики.

Исследование – это проведение различных опытов, экспериментов с целью установления некоторой тенденции и закономерности, извлечения новой информации об изучаемом предмете или явлении. Все исследования в энергетике по-прежнему делятся на два основных вида: теоретические, практические.

Для развития энергетической отрасли основополагающим является проведение различного рода экспериментов. Но вне зависимости от того, какой метод будет использоваться, у каждого обязательно должен быть результат. При этом на информационном уровне не имеет значения полярность результата, его знак для реальности – положительный, либо отрицательный.

Любой результат практического эксперимента или теоретического описания нуждается в представлении. В основном используется два основных вида представления результатов исследования:

1) Квалификационный, к нему относятся: курсовая работа, курсовой проект, написание выпускного диплома, кандидатские, докторские диссертации. Этот вид применяется в тех случаях, когда человек, при помощи проведенного исследования, представив его результаты, стремится получить документ, подтверждающий уровень квалифицированности. Такие работы оформляются в соответствии с инструкциями и положениями, принятыми ученым советом.

2) Научно-исследовательский – в нем представлены результаты, полученные путем осуществления авангардной исследовательской деятельности ученым или исследователями с развитой интуицией.

С помощью использования различных методов представления результатов, можно добиться непредсказуемых итогов. Вплоть до того, что слушатели могут поверить в совершенно парадоксальные и ранее не считавшиеся истиной высказывания, даже если они противоречат существующим законам и теориям. В настоящее время подобные ситуации участились, во-первых, потому что по мере развития науки появляется все больше и больше способов представления информации (в том числе и с помощью компьютерной графики или монтажа), что позволяет исследователю более наглядно показать результаты своих опытов, а во-вторых, это стало возможным из-за частичной или полной некомпетентности тех людей, до которых доводятся результаты. Так как человек, который не знает хотя бы основ того, о чем говорится в научном докладе, то он не может в полной мере понять смысл всего содержащегося в нем материала. И не имея достаточных знаний для правильной оценки суждений, слушатель доклада поддается на выводы, которые не содержат верных доказательств, забывая о тех фактах, которые уже были доказаны раньше. Этим незнанием пользуется большинство

псевдоученых, которые якобы совершили новое научное открытие, а на самом деле просто сумели правильно преподнести свое мнение для массового слушателя. И только спустя некоторое время (а иногда десятилетия и столетия) выясняется, что высказанное ранее суждение, внезапно ставшее «концептуальной доказательной базой» было ошибочным.

Также, обратим внимание на то, что существуют различные способы представления информации:

1) вербальный, выраженный в виде текста или устной речи. Этот способ является основным и наиболее распространенным, потому что любой результат изначально формулируется в устной форме, а затем приобретает основу в виде написанного текста. Основное требование, предъявляемое тексту – логичность и последовательность изложения, желательно его не нагружать избыточной информацией, косвенно относящейся к основной теме исследования, но можно использовать различные речевые обороты, например, метафоры, эпитеты, фразеологизмы для того, чтобы привлечь внимание к основной части научного документа;

2) символический, состоящий из различных знаков и математических формул, к примеру,

$$y = f(x^2); \quad (1)$$

3) графический, отображающий схемы и графики. Он часто применяется в тех случаях, когда необходима визуальная убедительность соотношений между различными величинами, например, так, как показано на рисунке 1.

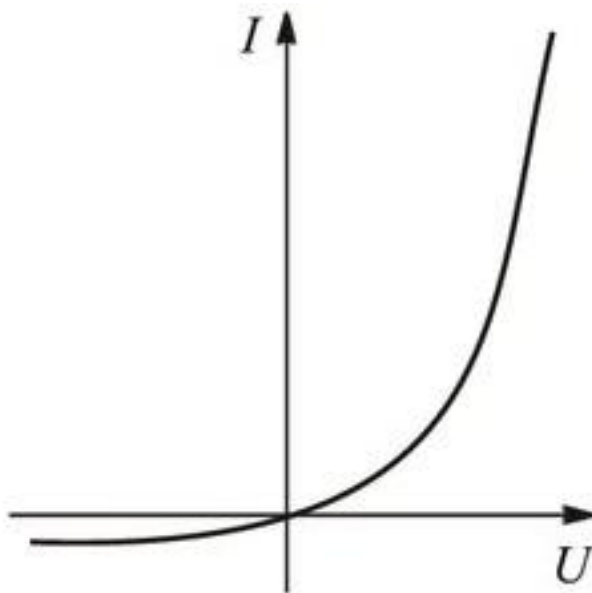


Рисунок 1 – График зависимости тока от напряжения для нелинейного элемента электрической цепи

4) предметно-образный, представленный макетами, вещественными моделями, анимационными фильмами о энергетике,

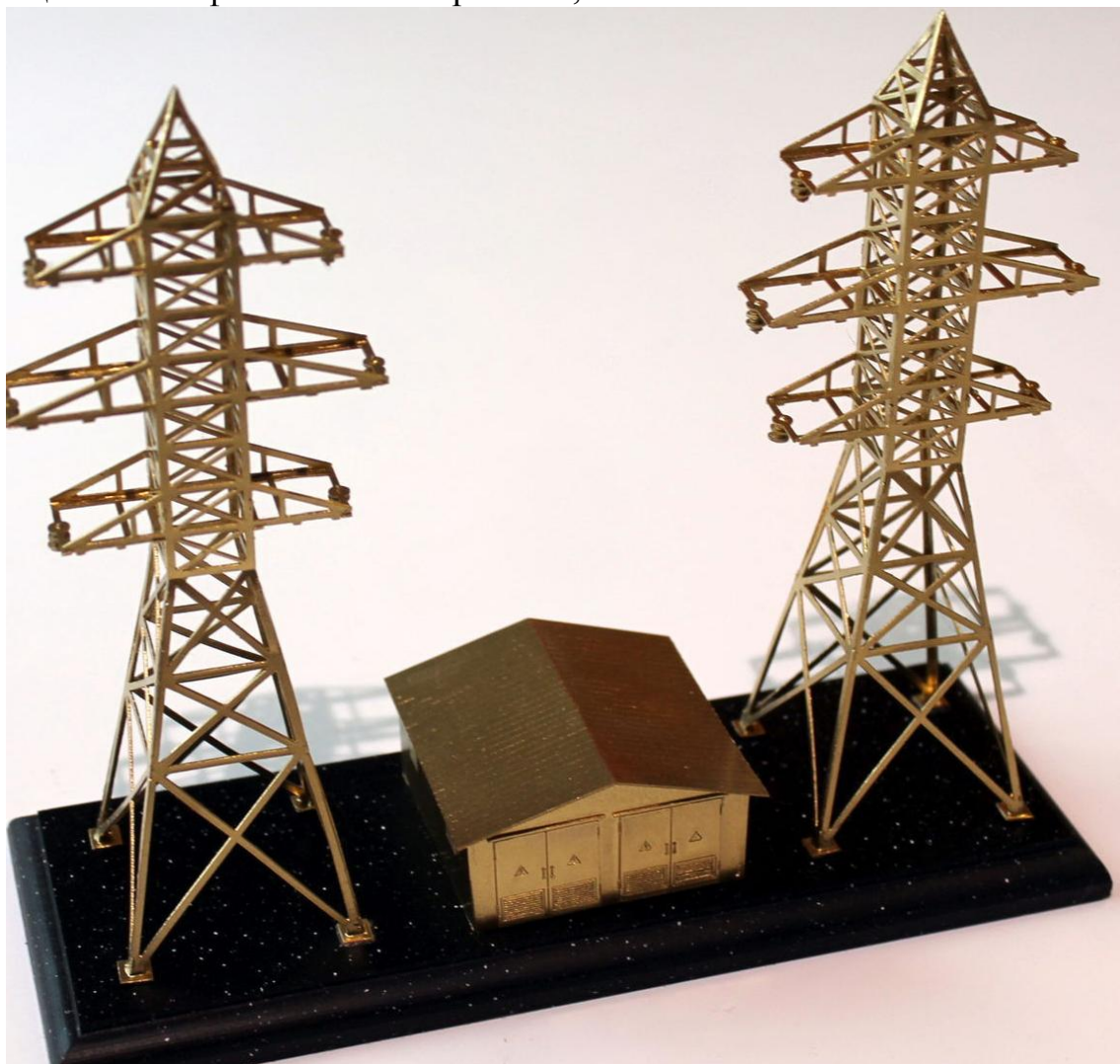


Рисунок 2 – Макет опоры линии электропередач

От правильного выбора способа представления зависит успешность принятия результатов широкой публикой, а также наличие противоречащих отзывов. Иногда абсолютно правильный результат с точки зрения проводимого исследования с наличием всех необходимых доказательств не находит должного отклика от публики, так как неправильно выбрана форма представления или место объявления итога испытаний. Так один из изобретателей электрической лампы накаливания Томас Эдисон во время выступления с речью о том, что когда-то электрическая энергия будет стоить дешевле одной сожженной свечи столкнулся с проблемой недоверия со стороны других ученых, и ему пришлось доказывать, что это действительно так. Ему удалось это доказать, запустив лампу накаливания в массовое производство, тем самым начав период повсеместной электрификации окружающего пространства. С этого времени он получил мировое признание и всеобщее уважение, несмотря на то, что ещё в детстве его исключили из школы, назвав «ограниченным» и отправили на домашнее обучение, где он и получил свое базовое образование. [1]

Нельзя забывать и о том, что исследование может проводиться не непосредственно над объектом, а с помощью применения методов моделирования.

Тогда объект будет называться оригиналом, а его копия, которая будет участвовать в испытаниях моделью.

Например, в электроэнергетике не всегда можно проводить испытания в реальных электрических цепях, а тем более цепях, находящихся под напряжением, поэтому на листе бумаги вычерчивают электрическую схему, которая является аналогом электрической цепи, и в дальнейшем все расчеты ведут, опираясь на эту схему.

Тогда «модель» - это искусственно созданный материальный или теоретический образ объекта – оригинала, сохраняющего его в процессе исследования, а также важнейшие свойства, позволяющие предсказать его поведение по результатам испытаний. Этот метод удобно применять в тех случаях, когда:

1) оригинал имеет очень большие размеры (или наоборот очень маленькие), тогда удобнее использовать его точную копию, но с подходящими для исследования размерами;



Рисунок 3 – Уменьшенная 3D модель Земли – Глобус

2) оригинал имеет много свойств или взаимодействий с другими предметами, тогда для его изучения полезно отказаться от несущественных свойств;

3) оригинал в данный момент времени не существует, например, динозавр;

4) процесс, исследуемый в ходе эксперимента протекает очень быстро, как изменение направления переменного электрического тока или очень медленно, как процесс таяния ледников под действием солнечных лучей;

5) исследование непосредственно самого объекта может привести к его разрушению.

[2]

Процесс моделирования заключается в последовательном выполнении нескольких этапов:

1) Постановка задачи – на этом этапе происходит определение цели моделирования, выбираются необходимые для исследования исходные данные и вид используемой модели;

2) Формализация задачи – этап, на котором исследуемый объект заменяется моделью, свойства которой могут быть однозначно отображены с помощью какого-либо формального представления;

3) Непосредственное моделирование – модель становится самостоятельным объектом, над которым проводятся эксперименты, происходит постепенное накопление полученных результатов. На их основе производится уточнение модели и последующее проведение испытаний.

Эти 3 этапа являются основными при проведении исследований методом моделирования, но нельзя забывать о том, что все полученные в ходе испытаний результаты относятся к модели. И тут возникает необходимость в дополнительном, четвертом, этапе, который называется «интерпретация», то есть объяснение смысла, в том числе и психологического, качественных и количественных результатов по определенным положениям теории, а также приведение полученных данных от исследования модели к размерам и свойствам объекта-оригинала. Это действие позволяет достаточно точно предсказать поведение и свойства объекта в интересующих исследователя ситуациях, что может значительно облегчить ему дальнейшие исследования, так как часть возможных результатов уже будут известны, и их проверка будет занимать минимальное время. Но интерпретацию результатов нельзя считать полностью объективной, она может дополняться предположениями, зависящими от уровня квалификации специалиста, и тем самым приобретать субъективный характер. На начальной стадии она связана с применением рабочей гипотезы, а только потом уже выведение следствий и уточнение некоторых моментов.

В некоторых случаях возникает необходимость перепроверки полученных результатов, так как их итоги не соответствуют заранее ожидаемым, или наоборот полностью с ними совпадают, что может быть следствием ошибки, допущенной на стадии построения модели или при проведении экспериментальных исследований. Так закон Ома для участка электрической цепи не подходит для расчета полной (замкнутой) цепи, так как помимо пассивных элементов в ней находятся активные источники энергии, которые также необходимо учитывать в вычислениях.

Поэтому можно сказать, что интерпретация это не дополнительный, а возможно, самый основной пункт исследования, потому что каким бы оно не было масштабным, и какими бы не были его результаты, они не имеют никакой ценности до тех пор, пока они не будут перепроверены и наглядно представлены на объекте-оригинале.

Также в процессе интерпретации могут быть применены некоторые допущения, которые не рассматривались ранее при испытаниях, проводимых над

моделью, но которые неизбежны в реальных условиях, в которых существует оригинал.

Часто одного проводимого испытания оказывается недостаточным для получения полных сведений о изучаемом предмете, потому что модель не может стать сразу точной копией оригинала, она постепенно совершенствуется, дорабатывается и приобретает свойства оригинала. Поэтому процесс моделирования является циклическим. С каждым усовершенствованием модели данные от ее исследования становятся все более точными и достоверными. Только после проведения нескольких опытов, удостоверившись в том, что их результаты полностью отвечают целям моделирования можно считать процесс моделирования успешным.

[3]

Заключительным этапом любого исследования является формулирование выводов. При правильном построении вывод должен отвечать на поставленные в процессе изучения предмета или явления вопросы. Количество выводов соответствует количеству задач, поставленных перед началом испытаний. Их последовательность отвечает логике проведения опытов и определенной структуре изложения результатов.

Список литературы

1 Кожухар, В. М. Основы научных исследований: Учебное пособие / В. М. Кожухар. — М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2010. — 216 с.

2 О методах интерпретации результатов исследований [Электронный ресурс]. Режим доступа: сайт для студентов «Студопедия» [URL: studopedia.ru] свободный, 11.11.18.

3 Герцог, Г. А. Основы научного исследования: методология, методика, практика [Текст]: учебное пособие / Г. А. Герцог. — Челябинск: Изд-во Челяб. гос. пед. ун-та, 2013. — 208 с.

ПРИМЕР РАСЧЕТА ИНДИКАТОРНЫХ ДИАГРАММ ПОРШНЕВОГО КОМПРЕССОРА

Коротков Д.В., Матушевич А.А.

Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ОГУ

Рассмотрим методологию построения индикаторной диаграммы двухступенчатого поршневого компрессора.

Расчёт термодинамический.

Работа компрессора производится газовыми силами (со стороны крышки $P_{Г.К.}$ и со стороны вала $P_{Г.В.}$), силами трения $P_{тр.}$ и обобщённой силой инерции I_s , отображающей значение суммарной силы поршня P_{Σ} .

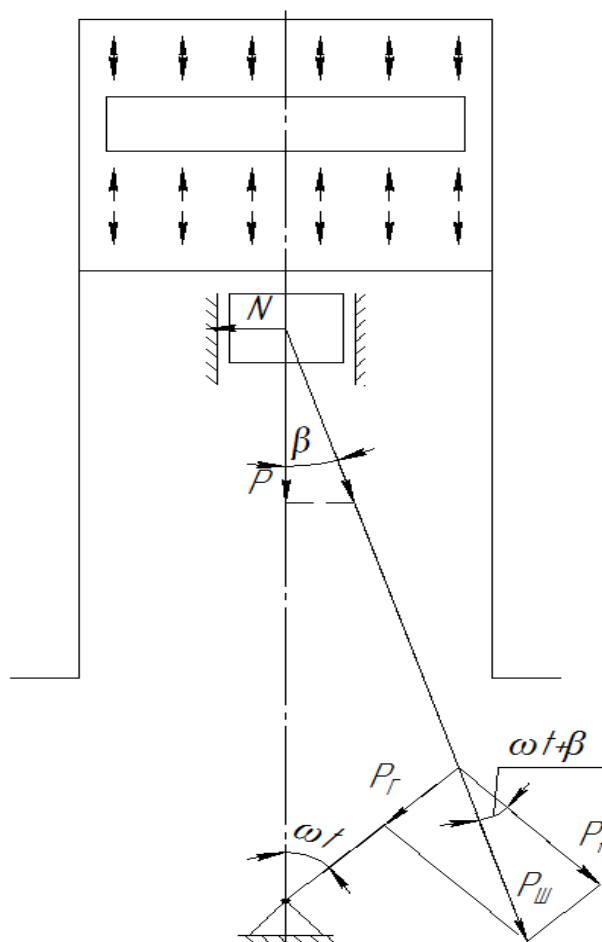


Рисунок 1 – Схема распределения сил

Величины составляющих результирующей силы переменны.

Они зависят от скорости вращения вала.

Составляющие P_{Σ} :

– сила, которая действует вдоль шатуна;

– P_{Σ} и сила, которая действует перпендикулярно к оси ряда N и раскладывается на тангенциальную силу P_t , и на силу, вдоль кривошипа P_r .

согласно рисунку 1.

Следовательно:

$$P_{\Sigma} = P_{Г.К.} + P_{Г.В.} + I_s + P_{mp}. \quad (1)$$

Для вычисления приращения газовых сил в соответствии с ходом поршня, определим средние усилия всасывания $P_{Г.Вс}$ и нагнетания $P_{Г.Нг}$:

– для первой ступени при $D_I = 0,34м.$, $\beta_{нI} = 0,5$, $P_{нI} = 0,1 \cdot 10^3 мПа$,

$$P_{Г.вс.I} = P_{нI} \cdot (1 - \beta_{нI}) \cdot \frac{\pi \cdot D_I^2}{4} \quad (2)$$

$$P_{Г.вс.I} = 10^3 \cdot 0,1 \cdot (1 - 0,05) \cdot \frac{3,14 \cdot 0,34^2}{4} = 8,625 кН$$

$$P_{Г.нг.I} = P_{нII} \cdot (1 + \beta_{кI}) \cdot \frac{\pi \cdot D_I^2}{4} \quad (3)$$

$$P_{Г.нг.I} = 10^3 \cdot 0,2828 \cdot (1 + 0,04) \cdot \frac{3,14 \cdot 0,34^2}{4} = 26,722 кН$$

– для второй ступени, при $D_{II} = 0,21м.$, $P_{нII} = 10^3 \cdot 0,2828 мПа$:

$$P_{Г.вс.II} = P_{нII} \cdot (1 - \beta_{нII}) \cdot \frac{\pi \cdot D_{II}^2}{4} \quad (4)$$

$$P_{Г.вс.II} = 10^3 \cdot 0,2828 \cdot (1 - 0,04) \cdot \frac{3,14 \cdot 0,21^2}{4} = 9,410 кН$$

$$P_{Г.нг.II} = P_{кII} \cdot (1 + \beta_{кII}) \cdot \frac{\pi \cdot D_{II}^2}{4} \quad (5)$$

$$P_{Г.нг.II} = 10^3 \cdot 0,8 \cdot (1 + 0,032) \cdot \frac{3,14 \cdot 0,21^2}{4} = 28,595 кН$$

Индикаторные диаграммы (ИД) учитывают мёртвое пространство:

$$S_i = a_i \cdot S + S \quad (6)$$

Линия сжатия строится по уравнению политропного сжатия:

$$P_{\Gamma.i} = \frac{P_{\Gamma.1} \cdot S_1^{n_c}}{S_i^{n_c}} \quad (7)$$

где $P_{\Gamma.1}, S_1$ – характеристики точки начала сжатия;

$P_{\Gamma.i}, S_i$ – текущие значения.

Аналогично строится линия расширения, по уравнению политропной зависимости:

$$P_{\Gamma.j} = \frac{P_{\Gamma.3} \cdot S_3^{n_p}}{S_j^{n_p}} \quad (8)$$

где $P_{\Gamma.3}, S_3$ – начало расширения;

$P_{\Gamma.j}, S_j$ – в текущем положении.

Выполним расчёт поправки Брикса:

$$e = \frac{r^2}{2 \cdot l} \quad (9)$$

$$e = \frac{80^2}{2 \cdot 380} = 8,421 \text{ мм}$$

Приведённые вычисления произведены для полостей цилиндров, которые находятся со стороны крышек. Определяя газовые силы на поршень, от коленчатого вала, учитывают воздействие штока.

Но, поскольку площадь штока $f_{шт.}$ мала в сравнении с площадью поршня $F_{п.}$, то ошибка не превышает 2,5 %. Поэтому, принимаем, что силы, со стороны коленчатого вала, равны силам со стороны крышки на поршень, но их действие направлено в обратном направлении.

Расчёт ступени I [10-12]:

$$S_{1I} = 2 \cdot r \cdot \alpha_I + 1 \quad (10)$$

$$S_{1I} = 2 \cdot 80 \cdot 0,05 + 1 = 168 \text{ мм}$$

$$P_{\Gamma.i} = \frac{P_{\Gamma.вс.I} \cdot S_{1I}^{n_{c.I}}}{S_i^{n_{c.I}}} = \frac{8625 \cdot 168^{1,33}}{S_i^{1,33}}$$

$$S_{2I} = \frac{P_{\Gamma.вс.I} \cdot S_{1I}^{n_{c.I}}}{P_{\Gamma.нг.I}} \quad (11)$$

$$S_{2I} = \sqrt[1,33]{\frac{8625 \cdot 168^{1,33}}{26722}} = 71,79 \text{ мм}$$

$$S_{3I} = 2 \cdot a_I \cdot r \quad (12)$$

$$S_{3I} = 2 \cdot 0,05 \cdot 80 = 8 \text{ мм}$$

$$P_{\Gamma.j} = \frac{P_{\Gamma.\text{н.г.}I} \cdot S_{1I}^{n_{p.I}}}{S_j^{n_{p.I}}} = \frac{26722 \cdot 8^{1,3034}}{S_i^{1,3034}}$$

$$S_4 = \sqrt[n_{p.I}]{\frac{P_{\Gamma.\text{н.г.}I} \cdot S_{1I}^{n_{p.I}}}{P_{\Gamma.\text{в.с.}I}}} \quad (13)$$

$$S_4 = \sqrt[1,3034]{\frac{26722 \cdot 8^{1,3034}}{8625}} = 19,05 \text{ мм}$$

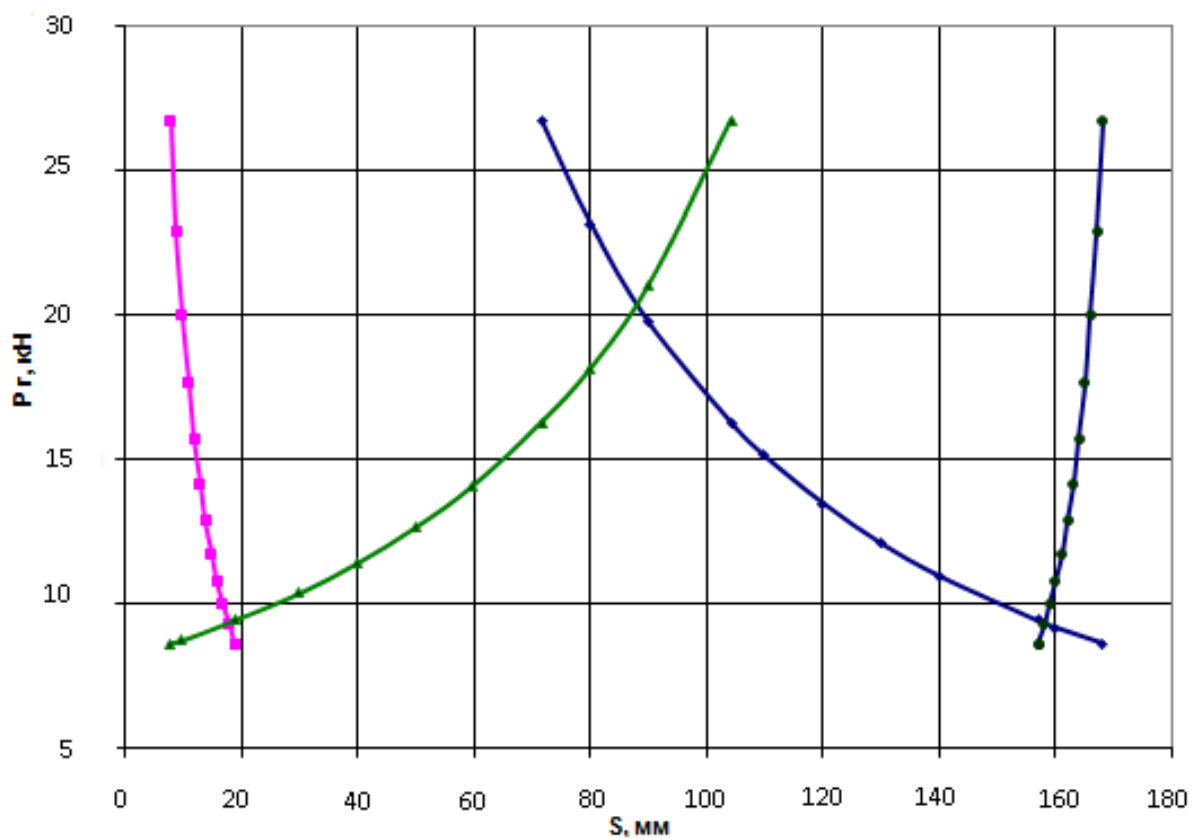


Рисунок 1 – Индикаторные диаграммы для первой ступени

Расчёт ступени II:

$$S_{1II} = 2 \cdot r \cdot \alpha_{II} + 1 \quad (14)$$

$$S_{1II} = 2 \cdot 80 \cdot 0,06 + 1 = 169,6 \text{ мм}$$

$$P_{\Gamma.i} = \frac{P_{\Gamma.БС.II} \cdot S_{1II}^{n_{c.II}}}{S_i^{n_{c.II}}} = \frac{9410 \cdot 169,6^{1,345}}{S_i^{1,345}}$$

$$S_{2II} = \sqrt[n_{c.II}]{\frac{P_{\Gamma.БС.II} \cdot S_{1II}^{n_{c.II}}}{P_{\Gamma.НГ.II}}} \quad (15)$$

$$S_{2II} = \sqrt[1,345]{\frac{9410 \cdot 169,6^{1,345}}{28595}} = 74,22 \text{ мм}$$

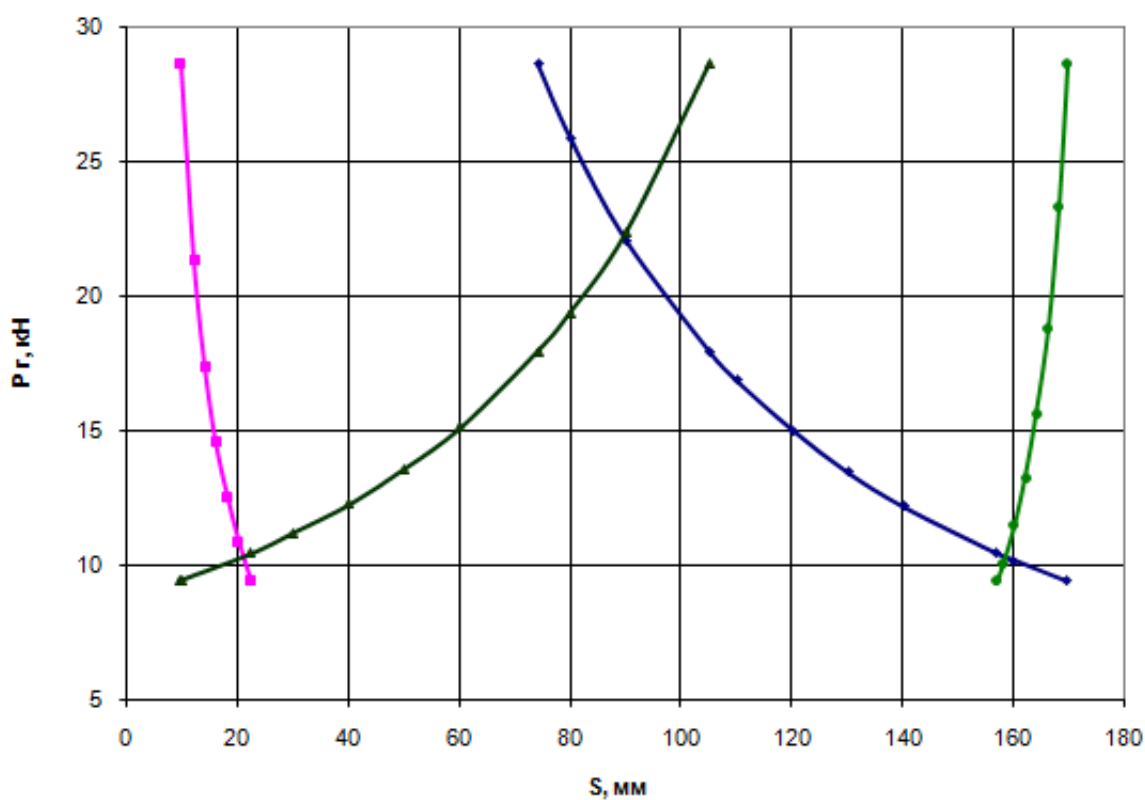


Рисунок 3 – Индикаторные диаграммы полостей второй ступени

$$S_{3II} = 2 \cdot \alpha_{II} \cdot r \quad (16)$$

$$S_{3II} = 2 \cdot 0,06 \cdot 80 = 9,6 \text{ мм}$$

$$P_{Г. j} = \frac{P_{Г. нг. II} \cdot S_{3I}^{n_{p. II}}}{S_j^{n_{p. II}}} = \frac{28595 \cdot 9,6^{1,3181}}{S_i^{1,3181}}$$

$$S_4 = \frac{P_{Г. нг. II} \cdot S_{1II}^{n_{p. II}}}{P_{Г. вс. II}} \quad (17)$$

$$S_4 = \frac{28595 \cdot 9,6^{1,3181}}{9410} = 22,3 \text{ мм}$$

Расчёт планиметрический.

Найдём графически индикаторную мощность ступеней и сравним её с индикаторной мощностью термодинамического расчёта:

$$N_u = P_u \cdot S \cdot n_0, \quad (18)$$

где P_u – средняя по ИД поршневая сила в ступени, которая рассчитывается с помощью обработки ИД полостей ступеней;

S – ход поршня;

$n_0 = 735 \div 60 = 12,25 \text{ об/с}$ – частота вращения вала компрессора.

ИД обеих полостей каждой ступени одинаковы, поэтому:

$$P_u = \frac{2 \cdot m_p \cdot f}{S} \quad (19)$$

где m_p – масштабный коэффициент силы;

f – площадь ИД для полости цилиндра.

$m_p = 0,25 \text{ кН/мм}$ $m_s = 1,026 \text{ мм/мм}$

Площади:

$f_I = 6540 \text{ мм}^2$

$f_{II} = 7382 \text{ мм}^2$

Определим среднеиндикаторные силы и индикаторные мощности двух ступеней:

$$P_{u. I} = \frac{2 \cdot m_p \cdot m_s \cdot f_I}{S} \quad (20)$$

$$P_{u. I} = \frac{2 \cdot 0,25 \cdot 1,026 \cdot 6540}{160} = 20,969 \text{ кН}$$

$$P_{u. II} = \frac{2 \cdot m_p \cdot m_s \cdot f_{II}}{S} \quad (21)$$

$$P_{u.II} = \frac{2 \cdot 0,2326 \cdot 1,026 \cdot 7382}{160} = 22,017 \text{кН}$$

$$N_{u.I} = P_{u.I} \cdot S \cdot n_0 \quad (22)$$

$$N_{u.I} = 20,969 \cdot 0,16 \cdot 12,25 = 41,1 \text{кВт}$$

$$N_{u.II} = P_{u.II} \cdot S \cdot n_0 \quad (23)$$

$$N_{u.II} = 22,017 \cdot 0,16 \cdot 12,25 = 43,15 \text{кВт}$$

Найдём индикаторную мощность компрессора:

$$N_{u.к.} = N_{u.I} + N_{u.II} \quad (24)$$

$$N_{u.к.} = 41,1 + 43,15 = 84,25 \text{кВт}$$

В термодинамическом расчёте определены значения:

$$N_{uI}=42,17\text{кВт};$$

$$N_{uII}=41,62\text{кВт};$$

$$N_{u.к.}=83,79\text{кВт}$$

Ответы позволяют сделать вывод, что индикаторные диаграммы построены правильно.

Список литературы

1. Поршневые компрессоры. Том 1. Теория и расчёт. – 3е изд., доп. – М.: Колосс, 2006. – 456 с.: ил. –
2. Объёмные компрессоры: Атлас конструкций: учеб. пособие О-29 для студентов вузов по специальности «Холодильные и компрессорные машины»/ Г.А.Поспелов, П.И.Пластинин, А.И.Шварц и др.: Под общ. ред. Г.А.Поспелова. – М.: машиностроение, 1994. – 120 с.: ил.
3. Пирумов, И.Б. Теория, расчёт и конструирование поршневых компрессоров. Самодействующие клапаны: Учеб. Пособие / И.Б.Пирумов, Б.С.Хрусталёв, И.В.Хрусталёва. СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2006, 106 с.
4. Поршневые компрессоры. Том 2. Основы проектирования. Конструкции. –М.: Колосс, 2008. – 711 с. Пластинин П.И.
5. Отраслевой каталог. Центробежные компрессорные машины и приводные турбины к ним. М.: Машиностроение, 2007г.

МЕТОДИКА ТЕПЛОВИЗИОННОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ТРЕХФАЗНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Логачева В.Н.

Оренбургский государственный университет

Тепловизионный осмотр силовых трехфазных трансформаторов – метод диагностики, который позволяет наряду с распространенными методами (измерение сопротивления изоляции, измерение тока холостого хода, проверка структуры трансформаторного масла) получить нужную информацию о состоянии объекта.

Когда проводят трансформаторное обследование, выявляют такие неисправности:

- возникновение магнитных полей рассеивания в трансформаторе вследствие нарушения изоляции конструктивных элементов магнитопровода;
- неисправности в работе системы охлаждения;
- появление примесей в масле бака трансформатора;
- повышение температуры контактных соединений обмоток НН с выводами трансформатора;
- нарушение контактных соединений т.п.

В момент проведения диагностики внутреннего состояния трансформатора тепловизионным оборудованием производят замер количественной величины температуры на поверхности его бака. Таким образом, необходимо учитывать способ теплопередачи магнитопровода и обмоток. Иногда источниками теплового излучения могут быть:

- спаянные металлические части трансформатора;
- токоведущие части маслонаполненных вводов, где тепло выделяется за счет потерь токоведущей части и в переходном сопротивлении соединителя отвода обмотки;
- контакты переключателей регулирования под нагрузкой.

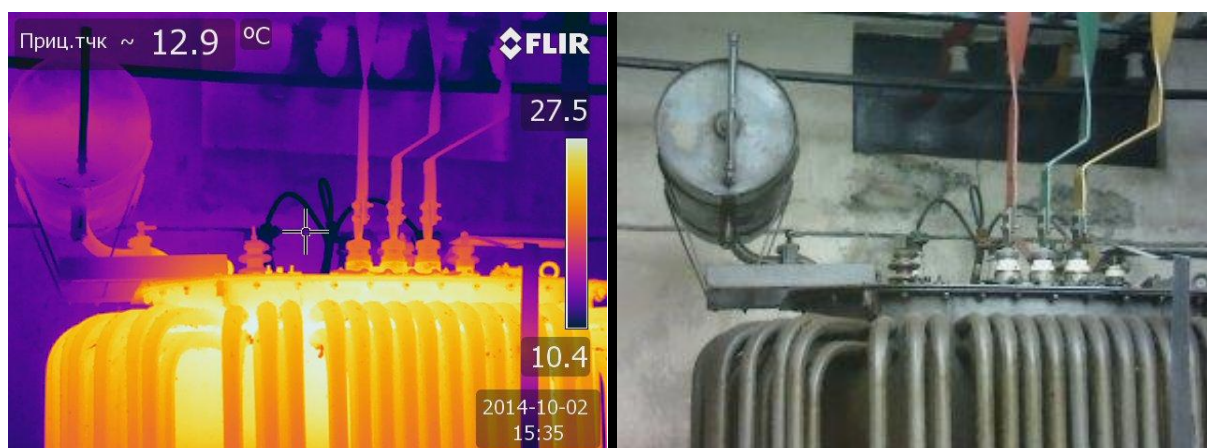


Рисунок 1 – Термографический снимок трансформатора ТМ 1000/10-04 посредством программного комплекса FLIR

При определении внутренних дефектов обмоток выявляются локальные нагревы в баке трансформатора, отдельные перегревы контактных соединений отводов обмоток, застойные зоны масла.

В момент исследования работы устройств системы вентиляции трансформатора проводится снятие термограмм охлаждающих устройств, оценивается их работоспособность, даются практические советы о возможности принятия мгновенных мер по устранению неполадок.

Температура частей на поверхности корпуса маслонасоса и трубопроводов работающего трансформатора должна быть примерно одинаковой. При появлении неполадок в маслонасосе температура на поверхности корпуса должна повыситься и превысить температуру на поверхности маслопровода.

Также посредством проведения теплодиагностики можно выявить неисправность крана радиатора. В этом случае температура труб радиаторов существенно ниже, чем у работающего радиатора. Далее при необходимости могут использоваться:

- Переключающие устройства (РНТ. РПН и т.п.);
- Датчик температуры;
- Маслорасширители.

Тепловизионной диагностике трансформатора должно предшествовать:

- определение конструктивного исполнения обмоток, результатами работы трансформатора, объемом и характером выполнявшихся ранее ремонтных работ;
- периодом эксплуатации, результатами эксплуатационных испытаний и измерений и т.п.

Вся исследуемая поверхность трансформатора должна быть тщательно осмотрена. Термографической проверке подвергается вся видимая поверхность по периметру.

Методические аспекты

Оценка теплового состояния трансформатора и его конструктивных частей производится непосредственным сравнительным анализом измеренных значений температуры в пределах фазы, между различными фазами, с заведомо исправными участками, в зависимости от условий работы и конструкции и может осуществляться:

- по установленным нормами температурам нагрева (превышениям температуры);
- по предельной температуре;
- по коэффициенту дефектности трансформатора;
- по величине варьирования температуры во времени.

По найденным тепловым отклонениям проводится анализ возможных причин их появления, и назначаются дополнительные проверки и измерения. После проведения экспериментов нужно всю информацию о проделанных

результатах тепловизионной диагностики и других испытаниях, а также результаты визуального осмотра, выявленные неисправности и эксплуатационные параметры заносить в компьютерный банк данных по каждому из исполнений трансформаторов.

Выше в качестве наглядного примера был сделан анализ тепловизионного обследования в соответствии с рекомендуемыми требованиями РД 34.45-51.300-97 в части приложения №3 «Тепловизионный контроль электрооборудования и ВЛ» по методике тепловизионного обследования РД 153-34.0-20.363-99 «Методика инфракрасной диагностики электрооборудования и ВЛ». Далее сделаны снимки посредством программного комплекса FLIR. В результате тепловизионное оборудование выявило дефекты болтовых соединений одного из изоляторов. На фотографии четко виден нагрев.

Из всего написанного выше можно сделать вывод, что тепловизионная диагностика трансформаторов - один из немногих современных методов диагностики и неразрушающего контроля электротехнического оборудования.

Список литературы

1. Митрофанов С. В., Еремеев И. К. // 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. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург, 2014. - . - С. 361-365.

2. ТРУДЫ VII Всероссийской научно-технической конференции // Материалы сборника опубликованы в авторской редакции // Митрофанов С. В., Еремеев И. К., Бакаева Е. В. Тепловизионная диагностика трансформаторного оборудования // Энергетика: состояние, проблемы, перспективы.

3. Журавлев А.Н., Попов Г.В. Технология тепловизионного контроля в диагностике силовых трансформаторов//WWW. Трансформаторы.ru.

4. Власов А.Б. Обработка и анализ данных тепловизионного контроля //Электротехника. 2002.- № 7.- С.43-51.

5. Долин А.П., Першина Н.Ф., Смекалов В.В. Опыт проведения комплексных обследований силовых трансформаторов. – Электрические станции, 2000, № 6, стр.46-52.

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ЧАСТНОГО ДОМА

**Маслов В.А., Шлейников В.Б., канд. техн. наук, доцент
Оренбургский государственный университет**

При строительстве частного дома или коттеджа необходимо уделить особое внимание тепло и электроснабжению для обеспечения должного уюта в доме.

Рассмотрим электроснабжение на примере частного дома.

Электроснабжение частного дома можно разделить на три этапа.

Первым этапом - является получение технических условий (ТУ). Для получения ТУ необходимо:

1. Подать заявку на заключение договора для получения ТУ.
2. Заключение договора на техническое присоединение (ТП).
3. Выполнить все пункты договора ТП для подключения электричества.
4. Оформить разрешительную документацию.

Рассмотрим каждый пункт более подробно.

1. Заявки на заключение договора принимает энергоснабжающая организация, находящиеся вблизи участка заявителя, как правило, это местные электрические сети. Заявка может быть подана в письменном виде, а также может быть отправлена в электронном виде на сайт организации. При подаче заявки на ТУ (на потребление мощности не более 15 кВт общий вид заявки представлен в приложении 1) физическому лицу обязательно иметь следующие документы:

- Документ, удостоверяющий личность (паспорт + его ксерокопия);
- Документ, подтверждающий место проживания физического лица (прописка + ее ксерокопия);
- Должна быть приведена схема расположения электроустановок, для которых необходимо обеспечить электроснабжение (план земельного участка, допускается его изображение от руки);
- Документ, подтверждающий права на собственность подключаемого объекта (свидетельство на дом + его ксерокопия).

Более подробный список документов можно получить в сетевой организации.

2. Далее пишется заявление на заключение договора на ТП (техническое присоединение к электрическим сетям). Заявление пишется в двух экземплярах, один из которых с датой и подписью принявшей заявление стороны необходимо оставить у себя. Энергоснабжающая организация, получившая заявку на заключение договора на ТП и получение ТУ на подключение к электрическим сетям, должна в течение 30 дней со дня подачи заявки отправить заявителю заполненный и подписанный договор в двух экземплярах и выдать ТУ.

Присланный договор необходимо тщательно изучить, прежде чем подписывать. Важно чтобы в договоре не было излишних требований к заявителю. Ознакомившись с договор и убедившись, что все в порядке можно подписывать договор (общий вид договора представлен в приложении 2). Затем можно приступать к монтажу.

3. Производится монтаж узла учета балансовой принадлежности, который, как правило, располагается на наружной стене дома или на опоре ВЛ. Монтируются провода, идущие от узла учета до участка (выполняется с запасом).

4. После выполнения монтажа, можно приступать к оформлению разрешительной документации. Необходимо оформить следующие бумаги:

- 4.1 Акт ввода или осмотра прибора учета;
- 4.2 Акт разграничения балансовой и эксплуатационной принадлежности;
- 4.3 Акт выполнения ТУ;
- 4.4 Акт осмотра электроустановки;
- 4.5 Договор на электроснабжение.

Рассмотрим каждый акт более подробно.

Акт ввода или осмотра прибора учета можно получить в сетевой организации, а именно обратившись в районные электрические сети (РЭС), к руководителю по учету электроэнергии. Заявителю необходимо пригласить служащего сетевой компании на место монтажа узла учета электроэнергии, служащий проведет осмотр прибора учета и если все соответствует нормам, произведет опломбировку и выдаст акт на руки заявителю.

Акт разграничения балансовой и эксплуатационной принадлежности можно получить в РЭС, для этого необходимо обратиться к главному инженеру. В данном акте будет представлена схема подключения заявителя, а также будет, указано какую ответственность несут заявитель (ответственность за провода ввода, узел учета электроэнергии, внутренняя проводка дома) и сетевая компания (воздушные линии 0,4 кВ, трансформаторная подстанция).

Акт выполнения ТУ данную бумагу можно получить в сетевой компании, акт свидетельствует о том, что заявитель выполнил все пункты ТУ и готов к подключению к электроснабжению.

Акт осмотра электроустановки данную бумагу можно получить в сетевой компании, данную бумагу выдают, если на руках у заявителя имеются три выше перечисленных акта.

Договор на электроснабжение является последней стадией подключения к электрическим сетям. За данным документом необходимо обращаться в сбытовую компанию (компания в которой заявитель будет оплачивать счет за потребленную электроэнергию). За договором можно обращаться после того как заявитель получит все выше перечисленные акты. Получив, договор заявитель относит его в РЭС, отдает главному инженеру, также приносит копии всех полученных актов, затем РЭС осуществляет подключение электричества заявителю.

Вторым этапом – является внешнее электроснабжение частного дома.

После получения ТУ, заявитель может обратиться в проектную организацию и заказать проект. Проектная организация сделает проект согласно правилам устройства электроустановок (ПУЭ) и строительным нормам и правилам (СНиП).

Согласно нормативной документации минимальное сечение вводного кабеля должно быть не менее 10 мм² (кабель с медной жилой), и не менее 16 мм² (кабель с алюминиевой жилой), если воздушный ввод составляет более 25 метров.

Если воздушный ввод составляет менее 25 метров, то сечение кабеля с алюминиевой жилой не менее 10 мм², а сечение кабеля с медной жилой не менее 4 мм². Сечение кабельной линии выбирает исходя из его длительно допустимого тока, который зависит от способа прокладки кабеля.

Воздушный способ прокладки кабеля – наиболее часто используют кабель типа ВВГ, АВВГ или самонесущий изолированный провод (СИП).

Подземный способ прокладки - наиболее часто используют кабель типа ВБбШв или АВБбШв.

Расстояние от ближайшей опоры воздушной линии до части дома, где будет установлен ввод, должно составлять менее 25 метров. Если условие не выполняется, то появляется необходимость установки подставной опоры. Высота ввода должна составлять не менее 2,75 метра для неизолированного и 2,5 для изолированного провода (рисунок 1).

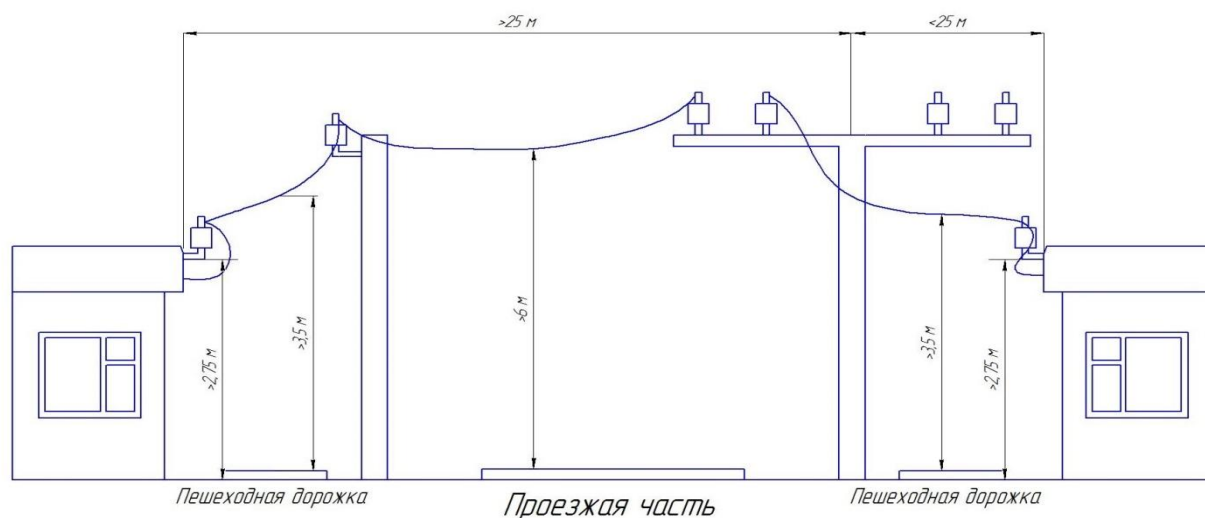


Рисунок 1 – Схема внешней проводки

Сечение кабеля и его длительно допустимый ток берутся из ПУЭ (таблица 1).

Таблица 1 – Допустимые параметры электрического кабеля

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Диаметр, мм	Медная жила		Алюминиевая жила	
		Ток, А	Мощность, кВт	Ток, А	Мощность, кВт
0,75	0,98	8,0	1,8	-	-
1,0	1,13	9,0	2,0	-	-
1,2	1,24	-	-	8,0	1,8
1,5	1,4	12,0	2,6	-	-
2,0	1,6	-	-	12,0	2,6
2,5	1,8	20,0	4,4	16,0	3,5
4	2,46	25,0	5,5	20,0	4,4
6	2,8	32,0	7,0	25,0	5,5
10	3,6	50,0	11,0	40,0	8,8
16	4,5	65,0	14,3	50,0	11,0
25	5,6	95,0	21,0	70,0	15,4

Длительно допустимый ток рассчитывается по формуле:

$$I = \frac{P}{U \cdot \cos\varphi'}$$

P – мощность электроприборов, Вт;

U – напряжение электрической сети 220, 380 В;

$\cos\varphi$ – угол сдвига фаз между током и напряжением.

Третьим этапом – является внутреннее электроснабжение частного дома.

Шкаф распределения и учета электроэнергии (ШРУЭ) используется для приема, распределения и учета электроэнергии. ШРУЭ должен состоять из следующих элементов:

- Рубильник;
- Счетчик электроэнергии (индукционный или электронный);
- Устройство защитного отключения (защищает человека от поражения электрическим током;
- Дифференциальные автоматические выключатели (для защиты электрической сети от перегрузок и токов кз).

Как правило, для электроснабжения частного дома используется однолинейная схема (рисунок 2). Достоинствами такой схемы являются:

- простота в проектирование;
- простота и удобство в эксплуатации;
- простота в монтаже;
- эффективная работа;
- высокая надежность.

Однолинейная схема может быть двух видов:

- Расчетная (если имеется электрическая установка);
- Исполнительная (если отсутствует электрическая установка).

Расчетная схема актуальна тогда, когда дом еще не построен. Схема составляется с учетом всех силовых нагрузок на электрическую сеть, рассчитанных предварительно.

На схеме обязательно должны быть указаны:

- Мощность нагрузок;
- Маркировка электрощитов;
- Расположение ВРУ (вводно распределительное устройство);
- Размеры оборудования;
- Протяжённость электрических кабелей.

Исполнительная схема актуальна тогда, когда дом уже построен. Для проектировки схемы в данном случае, собственнику необходимо получить от проектной организации результаты проведения обследования постройки дома.

Для составления проектной схемы необходимо:

- Расчет максимальной мощности нагрузок при одновременной работе оборудования;
- Выбор защитных устройств (предохранители, выключатели, реле и другие);
- Выбрать кабели.

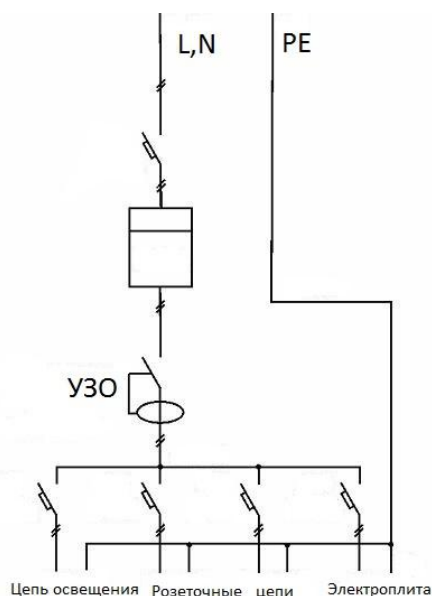


Рисунок 2 – Однолинейная схема

Этапа проектирование однолинейной схемы.

- 1) Получение ТУ.
- 2) Получение генплана (он необходим для того чтобы знать точные пути прокладывания кабеля, протяженность кабеля, не ошибиться в проектировании).
- 3) Расчёт требуемой мощности.
- 4) Согласование проекта (получение разрешения на подключение к магистральным электрическим сетям).

В проекте также должны быть учтены освещение (внутреннее и внешнее), системы безопасности (сигнализация, камеры наблюдения и т.п).

Рекомендуемый наиболее распространённый кабель для прокладки в помещениях, это кабель ВВГ.

Монтаж контура заземления: Роется траншея глубиной не менее 0,5 метров. В траншею вбиваются, как правило, три вертикальных электрода, длиной не менее двух метров. Расстояние между электродами должно быть не меньше чем их длина. Электроды соединяются между собой при помощи горизонтальных металлических стержней путем сварки и подводят к вводу устройству дома. В конце монтажа проводят измерения сопротивления тока, если сопротивление не соответствует нормам, то забивают дополнительные электроды.

Системы заземления – как правило, в частных домах, после завершения монтажа контура заземления, необходимо подключить его к электроустановкам. Сделать это можно двумя способами:

- TN-C-S (рисунок 3);
- TT (рисунок 4).

Система TN-C-S: Чтобы использовать данную систему необходимо в вводном электрощите разделение системы TN-C на TN-C-S. Для этого в щите установлена шина, металлически связанная со щитом, данная шина является шиной заземления провода PE, к которой подключен PEN проводник. Шина

нулевого проводника N изолирована от щита и связана перемычкой с шиной PE, фазный провод подключен к своей шине, изолированной от щита. Электрощит соединен с контуром заземления медным многожильным проводом.

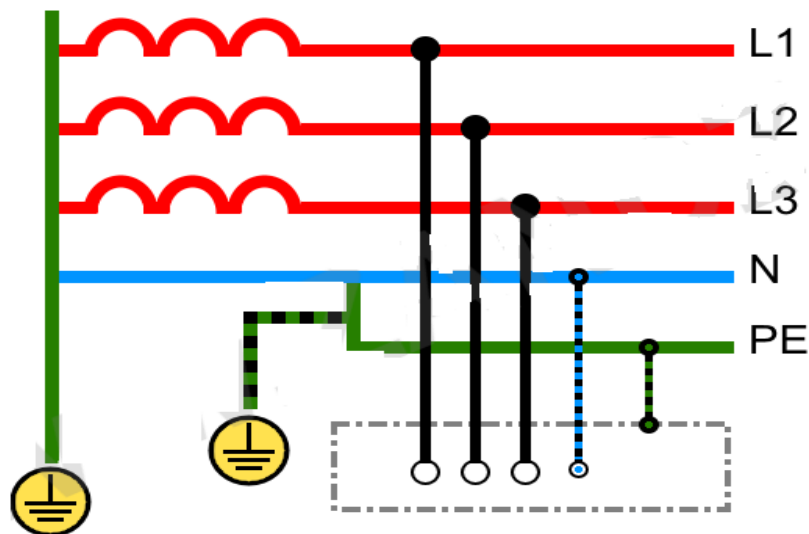


Рисунок 3 - система заземления TN-C-S

Система TT: В данной системе фазный провод подключен к шине изолированной от электрощита. Проводник PEN совмещен и подключен к шине изолированной от электрощита. В конце корпус щита подключается к контуру заземления.

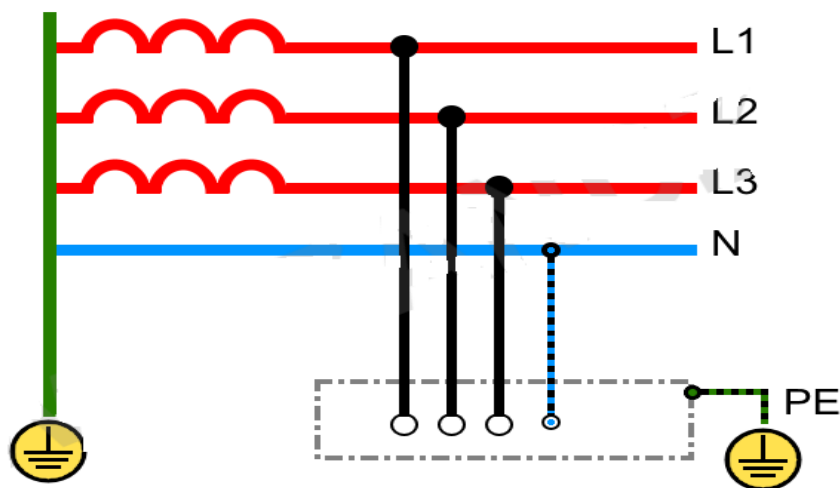


Рисунок 4 - система заземления TT

Для примера рассмотрим электроснабжение лодочного причала (Приложение 3).

Список литературы

1. Кудрин Б.И., Жилин Б.В., Ошурков М.Г. Электроснабжение: учебник. – изд. Феникс, 2018. Серия: высшее образование.
2. Правила устройства электроустановок: Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7.-С.: Норматика, 2016, - 464 с.

Приложение 1

Приложение № 6
к Правилам технологического
присоединения
энергопринимающих устройств
потребителей электрической
энергии, объектов по
производству электрической
энергии, а также объектов
электросетевого хозяйства,
принадлежащих сетевым
организациям и иным лицам, к
электрическим сетям
(в ред. Постановления
Правительства РФ
от 11.06.2015 № 588)

З А Я В К А ¹

**физического лица на присоединение по одному источнику
электроснабжения энергопринимающих устройств с максимальной
мощностью до 15 кВт включительно (используемых для бытовых
и иных нужд, не связанных с осуществлением
предпринимательской деятельности)**

1. _____
(фамилия, имя, отчество)

2. Паспортные данные: серия _____ номер _____
выдан (кем, когда) _____

3. Зарегистрирован(а) _____

(индекс, адрес)

4. Фактический адрес проживания _____

(индекс, адрес)

5. В связи с _____

(увеличение объема максимальной мощности, новое строительство и др. – указать нужное)
просит осуществить технологическое присоединение _____

_____ (наименование энергопринимающих устройств для присоединения)
расположенных _____.

_____ (место нахождения энергопринимающих устройств)

6. Максимальная мощность ² энергопринимающих устройств (присоединяемых и ранее присоединенных) составляет _____ кВт, при напряжении ³ _____ кВ, в том числе:

а) максимальная мощность присоединяемых энергопринимающих устройств составляет _____ кВт при напряжении ³ _____ кВ;

б) максимальная мощность ранее присоединенных в данной точке присоединения энергопринимающих устройств составляет _____ кВт при напряжении ³ _____ кВ.

7. Заявляемая категория энергопринимающего устройства по надежности электроснабжения – III (по одному источнику электроснабжения).

8. Сроки проектирования и поэтапного введения в эксплуатацию объекта (в том числе по этапам и очередям):

Этап (очередь) строительства	Планируемый срок проектирования энергопринимающего устройства (месяц, год)	Планируемый срок введения энергопринимающего устройства в эксплуатацию (месяц, год)	Максимальная мощность энергопринимающего устройства (кВт)	Категория надежности

9. Гарантирующий поставщик (энергосбытовая организация), с которым планируется заключение договора электроснабжения (купли-продажи электрической энергии (мощности))

Приложения:

(указать перечень прилагаемых документов)

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____

Заявитель

_____ (фамилия, имя, отчество)

_____ (контактный телефон)

_____ (подпись)

“ _____ ” _____ 20 ____ г.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГАЗОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ГПЗ

**Матвейкин С. Н., Нелюбов В. М., канд. техн. наук, доцент
Оренбургский государственный университет**

Газотурбинная установка (ГТУ) – это энергетическая установка, конструктивно объединяющая в себе газовую турбину, электрический генератор, газоздушный тракт, системы управления, а также пусковое устройство, компрессор, теплообменный аппарат или котёл-утилизатор для подогрева сетевой воды для промышленного снабжения, или пара для поступления на паровую турбину, главной целью взаимодействия компонентов которой является выработка электроэнергии, путем сжигания топлива.

Воздушный компрессор осуществляет забор атмосферного воздуха и подачу его в камеру сгорания. В камере сгорания, путем сжигания топлива, газ под давлением направляется на газовую турбину. Посредством воздействия газа под давлением на лопатки турбины, она вращается, вращая при этом вал, к которому присоединен электрогенератор. Стоит отметить, что некоторая часть полученной энергии расходуется на сжатие воздуха в компрессоре.

Результатом работы всех вышеперечисленных процессов является электроэнергия и газ. Если после всего полученный газ пустить в котёл-утилизатор, а нагретый в нем пар под давлением пустить на паровую турбину, подключенную к дополнительному генератору, то газотурбинная установка (ГТУ) станет парогазовой установкой (ПГУ). Получается, что ПГУ — это более широкое понятие, включающее в себя ГТУ, а именно – самостоятельный энергоблок, где топливо используется один раз, а электроэнергия вырабатывается дважды: в газотурбинной установке и в паровой турбине. Этот цикл очень эффективный, и имеет КПД порядка 57 %. Этот результат позволяет значительно снизить расход топлива на получение киловатт-часа электроэнергии.

В последнее время для повышения эффективности работы электростанций получило распространение применение ГТУ как «надстройку» к существующей схеме ТЭЦ, а ПГУ на ГРЭСах, как самостоятельные энергоблоки. Работая на электростанциях, эти газовые турбины не только повышают «прогнозные технико-экономические показатели», но и улучшают управление генерацией, так как имеют высокую маневренность: быстроту пуска и набора мощности.

Разновидности ГТУ по циклу работ:

- С замкнутым циклом;
- С разомкнутым циклом.

Разновидности ГТУ по типу:

- ГТУ открытого типа, обладают камерой сгорания;
- ГТУ закрытого типа, не обладают камерой сгорания.

По конструкции:

- Сборные ГТУ;

– Блочно – модульные системы ГТУ (кластеры) – отличаются своей мобильностью, они состоят из унифицированных энергоблоков и общих управляющих систем, что позволяет за короткий период времени увеличивать электрическую мощность с наименьшими финансовыми и временными затратами.

Недостатки:

1) Сравнительно небольшой КПД работы. На привод компрессора расходуется до 50 – 70 % мощности, развиваемой турбиной. Поэтому полезная мощность газотурбинной установки гораздо меньше фактической мощности газовой турбины.

2) В газотурбинных установках исключено применение твердого топлива по обычной схеме. Мазут же требует специальной подготовки для удаления шлакообразующих примесей. Попутный газ с содержанием сероводорода требует специальной подготовки.

3) Высокая температура газа ($>550\text{ }^{\circ}\text{C}$) вызывает определенные трудности при практическом выполнении газовых турбин, требуя, как специальных весьма жаростойких материалов, так и специальных систем охлаждения наиболее высокотемпературных частей.

4) Незначительный, но существующий вред окружающей среде.

Достоинства в сравнении с парогазовой установкой:

1) Высокая надежность работы.

2) Продолжительный ресурс работы (около 200 000 часов).

3) Использование оборудования в любых климатических условиях.

4) Умеренная цена строительства и небольшие затраты во время самой работы, ремонта и технического обслуживания, которые уменьшаются при применении блочно-модульной системы.

5) Небольшие габариты и вес, что позволяет располагать данное оборудование на небольших площадках, экономя затраты.

6) Незначительный уровень шума, а также вибрации. Данный показатель находится в пределах 65 – 85 дБА.

7) Незначительный вред, причиняемый окружающей среде. Способность работать на отходах самого производства. Выброс в атмосферу вредных веществ составляет 9–25 ppm.

8) Степень автоматизации газотурбинной электростанции, позволяющая отказаться от постоянного присутствия обслуживающего персонала в блоке управления. Контроль работы станции может осуществляться с главного щита управления, дистанционно.

9) Способность газотурбинного оборудования работать на различном топливе, что позволяет применять его практически в любом производстве.

10) Продолжительная работа с минимальной нагрузкой. Это касается и режима холостого хода.

11) Отсутствие водяного охлаждения.

12) Отсутствие применения в рабочем цикле газотурбинных установках моторного масла.

В настоящее время газотурбинные установки начали широко применяться в малой энергетике, в основном это установки с разомкнутым циклом.

Газотурбинные установки — ГТУ имеют единичную электрическую мощность от двадцати киловатт (микротурбины) и до нескольких сотен мегаватт. Самой мощной газовой турбиной в мире с полной мощностью 450 МВт является Siemens SGT5-8000H. Летом 2017 года на Казанской ТЭЦ-3 была запущена крупнейшая и наиболее эффективная в России ГТУ на базе газовой турбины 9HA.01 мощностью 405,6 МВт.

ГТУ обладают соотношением производимой электроэнергии к тепловой энергии примерно 1:2. То есть газотурбинная установка с электрической мощностью 10 МВт способна выдать около 20 МВт тепловой энергии. Для перевода МВт в ГКал используется коэффициент 1,163 ($1,163 \text{ МВт} = 1163 \text{ кВт} = 1 \text{ Гкал}$).

ГТУ предназначены для эксплуатации в любых климатических условиях как основной или резервный источник электроэнергии и тепла для объектов производственного или бытового назначения. Области применения газотурбинных установок практически не ограничены: нефтегазодобывающая промышленность, промышленные предприятия, муниципальные образования.

Автоматизированные системы управления газотурбинной электростанции позволяют отказаться от непосредственного присутствия обслуживающего персонала. Мониторинг работы газотурбинных установок — ГТУ может осуществляться удаленно через различные телекоммуникационные каналы. При возникновении внештатных ситуаций предусмотрены комплексные системы автоматической защиты и пожаротушения.

ГТУ может работать как на жидком, так и на газообразном топливе: в обычном рабочем режиме — на газе, а в резервном (аварийном) — автоматически переключается на дизельное топливо. Оптимальным режимом работы газотурбинной установки является комбинированная выработка тепловой и электрической энергии. ГТУ в энергетике работают как в базовом режиме, так и для покрытия пиковых нагрузок.

В газотурбинных установках используются следующие виды горючего: природный газ; керосин; биогаз; дизельное топливо; нефтяной газ попутного типа; коксовый, древесный, шахтный газ и другие виды.

Многие такие турбины способны работать и на низкокалорийном виде топлива, в котором содержится небольшое количество метана (порядка 3-процентов). При этом предприятие сможет само выбирать экономически выгодный вид топлива, опираясь на специфику своей деятельности.

Газотурбинные установки производят следующие компании: Alstom (Альстом), General Electric (Дженерал Электрик), GE, Kawasaki (Кавасаки), MAN TURBO AG, Mitsubishi Heavy Industries (Митсубиши Хэви Индастриз), Rolls-Royce (Роллс-Ройс), SIEMENS (Сименс), Solar Turbines (Солар Турбайнз), Turbomach (Турбомах), Микротурбинные электростанции — установки Capstone — Calnetix.

В Оренбургской области по состоянию на начало 2010 реализованы проекты автономного энергоснабжения на базе газотурбинных установок TURBOMACH – Solar Turbines различной мощности, их список представлен в 1 таблице.

Таблица 1 – Список газотурбинных установок, используемых в области

№	Оператор	Расположение	Тип	Кол-во
1	Газпром, Оренбурггазпром	Газохранилище, Оренбургская область, Россия	Centaur 40 CS	7
2	Газпром	Газопровод Оренбург-Челябинск	Saturn 10 GS	14
3	Оренбургнефть	Газоперерабатывающий завод, п. Холодные Ключи, Оренбургская область, Россия	Mars 90 MD	2
4	Оренбургнефть	Газоперерабатывающий завод, п. Холодные Ключи, Оренбургская область, Россия	Centaur 40 MD	2
5	Оренбургнефть	Газоперерабатывающий завод, п. Холодные Ключи, Оренбургская область, Россия	Taurus 60 GS	2
6	Оренбургнефть (ТНК-ВР)	Зайкинский газоперерабатывающий завод, г. Бузулук, Оренбургская обл., Россия	Saturn 20 CS	2

В феврале 2006 года в г. Медногорске (Оренбургская область) на Медногорской ТЭЦ был осуществлен пуск газотурбинной установки мощностью 10 МВт. С вводом в эксплуатацию газотурбинной установки АТГ-10М завершен второй этап проекта реконструкции Медногорской ТЭЦ. Проектные работы выполнены ООО «Самараэнергомонтажпроект». Производитель газотурбинной установки АТГ-10М – ОАО «Моторостроитель» (г. Самара).

28 февраля 2004 года в рамках реализации первого этапа проекта была установлена и введена в эксплуатацию паровая турбина ТГ-3,5/6,3 и демонтированы выработавшие ресурс котлы № 3 и 4. После возобновления генерации электрической энергии котельной был возвращен статус теплоэлектроцентрали. Медногорская ТЭЦ обеспечивает более 90% потребления тепловой энергии г. Медногорска. Внедрение технологии парогазового цикла позволит также получить дополнительное, по сравнению с традиционной технологией, снижение выбросов парниковых газов в атмосферу, что улучшает экологическую обстановку в городе.

Цели установки ГТУ на ГПЗ:

- Повышение надежности потребителей, питающихся от 11, 12 и 13 щитов подстанции Р1 за счёт подключения к ним третьего независимого источника питания.

- Снижение затрат на энергоносители.
- Разгрузка энергосистемы.
- Улучшение экологической обстановки на предприятии снижением выбросов в окружающую среду.

Основным преимуществом для газоперерабатывающего завода, несомненно, является постоянное наличие побочного продукта – топливного газа который в настоящее время утилизируется, а после применения ГТУ путем сжигания будет приносить пользу в виде электроэнергии.

Введение третьего независимого источника электроэнергии – ГТУ на предприятии ГПЗ является необходимой мерой для обеспечения надежности потребителей особой группы 1 категории по ПУЭ. Применение ГТУ также позволит путем снижения затрат на энергоносители и эффективного использования топливного газа увеличить доход предприятия что для ПАО «Газпром» является главной задачей. Стоит отметить, что возведение ГТУ способствует улучшению экологической обстановки на предприятии.

Перед тем как начать проектирование ГТУ для ГПЗ следует изучить литературу, написанную в данной тематике.

В научной статье «О вопросах применения газотурбинных установок и парогазовых установок в энергетике», авторами которой являются Махнутин А.К. и Кавалеров Б.В. описываются особенности и перспективы использования ГТУ при производстве электрической и тепловой энергии. Обсуждаются возможные объекты внедрения газотурбинных установок. Отмечаются определенные проблемы при конвертировании авиационных ГТУ в наземные электростанции. Сначала рассматриваются особенности газотурбинной и парогазовой технологий. Затем освещена общая ситуация с производством газотурбинных установок, в том числе в ретроспективном разрезе. Затем достаточно подробно рассмотрены объекты внедрения газотурбинных установок в электроэнергетике. Отмечено, что использование газотурбинных установок экономически оправданно при подборе установки под покрытие тепловой нагрузки на горячее водоснабжение, тем самым обеспечивается 100% - ая загрузка газотурбинных установок, а котельные, работающие в отопительный сезон, в летнее время отключаются. Учет специфики газотурбинных установок требуется при намечаемом в дальнейшем математическом моделировании процессов в газотурбинных электростанциях с целью совершенствования тех. процесса производства электроэнергии, достижения оптимальных показателей в установившихся и переходных режимах с учетом специфики подключения электростанции к конкретной конфигурации системы электроснабжения. Опубликованные в статье результаты получены в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России № 13.832.2014/К «Разработка методологических основ адаптивного управления автономными и неавтономными газотурбинными электростанциями мощностью до 25 МВт».

В статье под названием «Газотурбинные установки на базе конвекционных двигателей» из журнала Вестник Гомельского государственного технического университета им. П. О. Сухого 2013 Овсянника А. В., Шаповалова А. В., Болотина

В. В. представлены результаты исследований газотурбинных установок на базе конвертированных авиационных двигателей, возможности их применения на мини-теплоэлектроцентралях как основного источника тепловой и электрической энергии, как резерва, в случаях дефицита мощности, или в составе средних и крупных теплоэлектроцентралей для принятия пиковых нагрузок. Предложен новый путь развития генерирующих мощностей в системе энергоснабжения, который имеет ряд преимуществ. Приведены результаты расчетов технико-экономических и экономических показателей. Произведен анализ и сравнение технико-экономических показателей газодвигательных установок, действующих на предприятиях, и газотурбинных установок на базе конвертированных авиационных двигателей. Показано, что маневренность исследуемой установки превосходит показатели маневренности других газотурбинных установок, что дает ей возможность в кратчайшие сроки принимать дополнительную нагрузку на энергосистему.

Анализ литературы по газотурбинным установкам показал, что по данной тематике были исследованы газотурбинные установки в целом и вопросы по их внедрению в энергетике, также представлены результаты исследований газотурбинных установок на базе конвертированных авиационных двигателей. Что касается электротехнических решений по сооружаемым электростанциям, то главной проблемой является определение места подключения генераторов в существующую схему электроснабжения предприятия с наименьшими затратами на ее реконструкцию.

После прочтения литературы и ее анализа мною было принято решения заниматься проектированием газотурбинной установки, снабжающей технологические установки газоперерабатывающего завода, а также предложить вариант подключения ГТУ в существующую схему электроснабжения предприятия с наименьшими затратами на ее реконструкцию.

Перед проектированием следует определиться с разновидностью конструкции газотурбинной установки, это будет блочно-модульная ГТУ во взрывозащищенном исполнении.

Сперва был выполнен анализ потребителей щитов Т-11, Т-12 и Т-13, которые планируется запитывать от проектируемой ГТУ. Он показал, что потребители, представляющие собой сумму высоковольтной (6 кВ) двигательной нагрузки и подключенные через цеховые трансформаторы низковольтные щиты Т21 – Т24, относятся к потребителям особой группы первой категории потребителей.

Затем был выполнен расчет нагрузок щитов Т11 – Т13 для двух случаев:

1. Когда ГТУ будет нагружена на максимум в нормальном режиме работы, то есть учитываются только нагрузки II секций каждого щита, $Sp_{\Sigma \text{норм}} = 15659.93$ кВА.

2. Когда ГТУ будет загружена на максимум в аварийном режиме работы, то есть учитываются нагрузки все секций всех щитов, $Sp_{\Sigma \text{ав}} = 32329.591$ кВА.

На основании предыдущих расчетов было принято решение рассмотреть два проектных варианта:

1. Использование одной установки с номинальной мощностью в 30 МВА.
2. Использование двух установок мощностью 15 МВА каждая.

Список литературы

1. <https://ru.wikipedia.org/wiki/ГТУ> (дата обращения: 11.10.2018);
2. <http://operby.com/princip-raboty-gtu.html> (дата обращения: 11.10.2018);
3. <https://www.elektro-expo.ru/ru/articles/gazoturbinnaya-ustanovka/> (дата обращения: 12.10.2018);
4. Правила устройства электроустановок. Все действующие шестого и седьмого изданий с изменениями и дополнениями по состоянию на 1 мая 2012г. – М.: КНОРУС, 2012. – 488 с.;
5. РД 51-00158623-08-95 Категорийность электроприемников промышленных объектов газовой промышленности. Руководящий нормативный документ. Введ 1995-07-01;
6. Мукосеев Ю. Л., Электроснабжение промышленных предприятий. Учебник для вузов. М., «Энергия», 1973 – 584 с. ил.;
7. Кабышев А.В., Обухов С.Г. Расчет и проектирование систем электроснабжения: Справочные материалы по электрооборудованию: Учеб. пособие / Том. политехн. ун-т. – Томск, 2005. – 168 с.;
8. Федоров А. А. и др, Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. Промышленные электрические сети. 2-е изд., переаб. и доп./ Под общ. Ред. А.А. Федорова и Г.В. Сербиновского. – М.: Энергия, 1980. – 576с., ил.;
9. <https://cyberleninka.ru/article/n/o-voprosah-primeneniya-gazoturbinnih-ustanovok-i-parogazovyh-ustanovok-v-energetike> (дата обращения: 21.12.2018);
10. <https://cyberleninka.ru/article/n/gazoturbinnye-ustanovki-na-baze-konvertirovannyh-avitsionnyh-dvigately> (дата обращения: 22.12.2018);
11. https://manbw.ru/analytics/realied_project_turbomach_solar_gas_power_plant.html (дата обращения: 23.12.2018);
12. <https://oren.ru/pusk-gazoturbinoj-ustanovki-na-mednogorskoj-te-ts/> (дата обращения: 23.12.2018);
13. СТО 02069024.001 2015 «Стандарт организации. Правила построения, изложения, оформления и обозначения».

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

**Митрофанов С. В., канд. техн. наук, доцент, Ефремов В.В.
Оренбургский государственный университет**

Электроэнергия используется человеком практически во всех сферах его жизни, как в быту (освещение, обогрев, различная бытовая техника) , так и в промышленности, (энергоснабжение фабрик, заводов, производств) А в связи с развитием рыночных отношений в электроэнергетике электроэнергию следует рассматривать не только как физическое явление, но и как товар, который должен соответствовать определённому качеству и требованиям рынка. Каждый электроприемник предназначен для работы при определенных параметрах электрической энергии: номинальных напряжении, частоте и т. п., поэтому для нормальной работы его необходимо обеспечить качественной электроэнергией.

Итак, качество электроэнергии определяется совокупностью характеристик, при которых электроприемники могут нормально работать и выполнять заложенные в них функции. Важность повышения качества росла вместе с развитием и массовым внедрением на производстве вентильных преобразователей, дуговых сталеплавильных печей, сварочных установок и других высокоэффективных технологических установок. Стабильность, надежность и продолжительность работы электрооборудования прямо зависит от качества электроэнергии. Интенсивный рост промышленного производства и переход на новые, более совершенные и экономичные устройства ставит вопрос о качестве электроэнергии на первый план. Чем современнее оборудование, тем более чувствительно оно к качеству потребляемой электроэнергии и тем более подвержено помехам со стороны других устройств в общей сети.

Также последние годы появилось много потребителей, работающих через вторичный источник питания и ухудшающих качество электроэнергии в питающей сети. Ущерб, возникающий в результате потери должного качества электроэнергии, принято делить на электромагнитный и технологический.

Основные формы электромагнитного ущерба:

- снижение эффективности процессов генерации, передачи и потребления электроэнергии из-за увеличения потерь в элементах сети;
- уменьшение срока службы и выход из строя электрооборудования из-за нарушения его нормальных режимов работы и старения изоляции;
- нарушение нормальной работы и выход из строя устройств релейной защиты, связи и автоматики.

К технологическому ущербу относят снижение производительности и порчу технологического оборудования, что приводит к «падению» качества и недоотпуску продукции.

Все это суммарно приводит к снижению надежности системы электроснабжения в целом.

Проблема, возникшая с качеством электроэнергии, требует принятия практических решений, таким вариантом будет:

— организация непрерывного мониторинга показателей качества, применение автоматизированных систем контроля качества электроэнергии;

— разработка методической основы и соответствующего приборного оборудования по распознаванию источников искажений с корректной количественной оценкой степени искажений.

Совокупность свойств электрического тока, определяющих режимы работы оборудования, называется качеством электроэнергии. Сюда включаются такие понятия, как стабильность частоты и напряжения, форма кривой напряжения, симметрия фазных напряжений для трехфазной сети. Качество электроэнергии является также составляющей электромагнитной совместимости – то есть определяет возможность одновременной работы различного оборудования в рамках общей сети.

Для регулирования и контроля качества электроэнергии в России действует ГОСТ 13109-97 «Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения». В нем определяются необходимые показатели, которым должна соответствовать электроэнергия, поставляемая потребителям. Также в этом документе определяются стандартные проблемы качества электроэнергии с указанием наиболее вероятного источника их возникновения.

Если качество электроэнергии отличается от параметров, определенных в ГОСТ 13109-97, могут возникать перебои в работе оборудования, снижаться экономические показатели работы энергосистемы. Сбои, которые возникают на производствах с непрерывными технологическими процессами, могут привести к большим финансовым потерям. Для контроля показателей качества в режиме реального времени и служит автоматизированная система контроля качества электроэнергии (АСККЭ).

Основные функции АСККЭ:

- контроль показателей качества электроэнергии в «онлайн» режиме (все показатели диспетчер видит с экрана) дает возможность проводить экспресс анализ состояния электросети и предупреждать возможные аварии;
- формирование отчётов по качеству электроэнергии (в соответствии с ГОСТ 13109-97) для подготовки документов и ведения претензионной работы с поставщиками электроэнергии;
- формирование базы данных для анализа состояния энергосистемы и разработки мероприятий по обеспечению нормального функционирования оборудования.

Приборы измеряют, вычисляют и регистрируют все показатели качества электрической энергии, определенные в ГОСТ 13109-97:

- Установившееся отклонение напряжения в режимах наибольшей, наименьшей и суточной нагрузки
- Искажение синусоидальности кривой напряжения
- Коэффициент n-ой гармонической составляющей напряжения

- Несимметрия напряжений по обратной и нулевой последовательности
- Отклонение частоты
- Размах изменения напряжения и доза фликера
- Провалы напряжения
- Импульсное напряжение и временные перенапряжения
- Выдача отчетов согласно РД 153-34.0-15.501-00

Качество электроэнергии — это ключевой показатель, влияющий на надёжность технологического оборудования и энергосистемы предприятия в целом.

Применение систем автоматизированного контроля качества электроэнергии (АСККЭ) дает возможность энергосбытовым компаниям выявлять проблемы энергосети и в сотрудничестве с сетевыми и генерирующими компаниями оперативно устранять их, повышая уровень надежности энергоснабжения потребителей. А если предприятие-потребитель электроэнергии понесло убытки из-за отклонений показателей качества электроэнергии, результаты измерений АСККЭ можно использовать в качестве доказательства при предъявлении исковых заявлений.

Как итог потребитель имеет более качественное и надежное энергоснабжение, а это обеспечивает непрерывность технологических процессов и снижает количество выходов из строя оборудования, тем самым повышая его производительность, принося значительный экономический эффект.

Список литературы

1. ГОСТ 13109-97. Межгосударственный стандарт. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения- Введ. с 01.01.1999.
2. Проблемы установления размера ответственности за ухудшение качества электрической энергии и пути их решения / В. С. Соколов [и др.] // Промышленная энергетика. – 2000. – № 8. – С. 25–30.
3. Соколов, В. С. Предложения по инженерному решению проблемы качества электрической энергии / В.С. Соколов, Н. В. Чернышова // Промышленная энергетика. – 2001. – № 8. – С. 51–53.
4. Белоусов, В. Н. Отражение в договорах на электроснабжение вопросов качества электроэнергии и условий потребления и генерации реактивной энергии / В. Н. Белоусов, Ю. С. Железко // Электрические станции. – 1999. – № 1. – С. 11–19.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ С ДВУХКООРДИНАТНЫМ ГЕЛИОТРЕКЕРОМ

**Митрофанов С.В., канд. техн. наук, доцент,
Байкасенов Д.К., Немальцев А.Ю.
Оренбургский государственный университет**

Перед строительством солнечной электростанции (СЭС) в определенной местности необходимо проведение технико-экономического обоснования (ТЭО) и анализа показателей работы аналогичных энергообъектов. Солнечная энергетика Оренбургской области (Переволоцкая СЭС, Сакмарская СЭС, Соль-Илецкая СЭС и др.) [1] базируется на стационарных фотоэлектрических установках (ФЭУ). Следовательно, в условиях Оренбуржья отсутствуют сведения по выработке электрической энергии на основе ФЭУ с системами слежения за солнцем, которые используются как средство повышения энергоэффективности гелиостанций в России [2] и за рубежом [3].

Целью данной статьи является разработка системы удаленного контроля и диагностики параметров солнечной электростанции со следящей системой, которая позволяет формировать динамические и статистические базы данных (БД) по генерации «зеленой» энергии в табличной и графической формах и отслеживать параметры СЭС в режиме online через собственный web-интерфейс и приложение на базе Android.

ФЭУ состоит из стационарного солнечного модуля и солнечного модуля с трекером (рисунок 1), управление последним осуществляется с помощью микроконтроллера (МК) Arduino [4]. Положение солнца отслеживается по азимуту и склонению с помощью двух пар фотодатчиков, поворот платформы с солнечными панелями осуществляется за счет линейных актуаторов.



Рисунок 1 – Солнечная электростанция с динамично и статично расположенными модулями солнечных батарей

Система мониторинга параметров СЭС состоит из следующих компонентов: МК, пульт управления системой мониторинга, датчики тока и напряжения, «Data-logger», жидкокристаллический (ЖК) дисплей, bluetooth модуль, смартфон, облачное хранилище, web-сайт.

Основным компонентом системы мониторинга параметров СЭС является МК, осуществляющий формирование, передачу, прием и анализ сигналов с двух групп датчиков:

1) датчики, считывающие напряжение стационарного солнечного модуля и ток заряда двух последовательно соединенных свинцово-кислотных аккумуляторных батарей (АКБ), подключенных к ней через контроллер заряда.

2) датчики, определяющие аналогичные параметры для солнечного модуля с гелиотрекером.

Мощность, генерируемую каждым солнечным модулем, МК определяет как произведение значений, полученных с датчиков тока и напряжения соответственно.

Значения токов, напряжений и рассчитанная мощность генерации отображаются на ЖК дисплее и записываются на карту памяти устройства регистрации данных «Data-logger». Кроме того, эти значения bluetooth модуль получает с последовательного порта Arduino и отправляет в смартфон на базе Android. Приложение смартфона отправляет запрос на облачное хранилище, где данные датчиков представляются в виде динамических БД и графических зависимостей $I = f(t)$, $U = f(t)$, $P = f(t)$, изменяющихся в режиме реального времени. Онлайн графики и таблицы отображаются на web-сайте данного проекта [5], обновляясь каждые три минуты. На рисунке 2 представлено модальное окно виртуальной лаборатории [5] с графической зависимостью напряжения динамично расположенных солнечных батарей от времени.

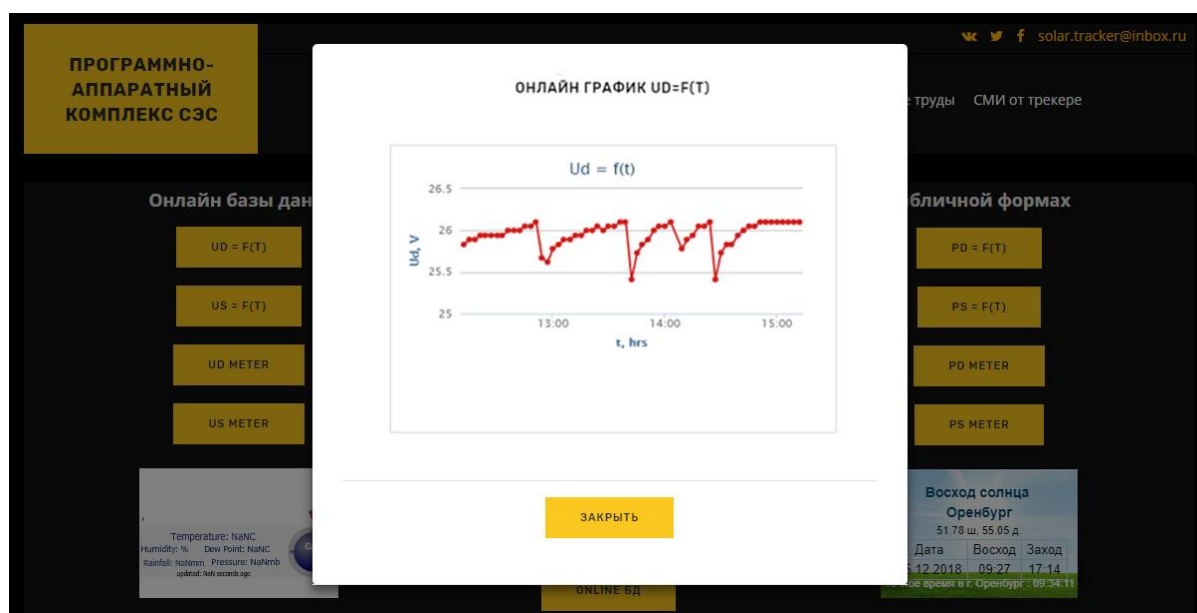


Рисунок 2 – Графическая зависимость напряжения солнечного модуля с двухкоординатным гелиотрекером от времени, отображенная на web-странице

виртуальной лаборатории

Пульт управления системой удаленного контроля и диагностики параметров СЭС представляет собой плату, на которой установлены:

- четырехкнопочный джойстик (кнопки: «восток», «запад», «вверх», «вниз») для проведения пусконаладочных работ гелиотрекера;
- кнопка переключения страниц ЖК дисплея;
- bluetooth модуль;
- кнопка безопасного извлечения карты памяти;
- индикаторы состояния системы мониторинга.

Выводы: Таким образом, разработана автоматизированная система удаленного контроля и диагностики параметров гелиостанции, которая позволяет:

- сохранять массивы параметров солнечных модулей на карту памяти;
- осуществлять удаленный онлайн-мониторинг напряжения солнечных модулей, тока заряда АКБ, а также генерации активной мощности в графической и табличной формах на web-странице виртуальной лаборатории из любой точки мира;

– проводить дистанционное диагностирование состояния системы через приложение на смартфоне или персональном компьютере. Диагностику и анализ эффективности работы СЭС можно осуществлять также с помощью представленных графических зависимостей.

Список литературы

1. Романов, В.В. Применение возобновляемых источников энергии в условиях Оренбургской области / В.В. Романов, Д.К. Байкасенов // Сборник статей IX Международной научно-практической конференции «International Innovation Research». – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение», 2017. – № 1. – С. 69-75.

2. Митрофанов, С.В. Солнечные электростанции с системами слежения за Солнцем / С.В. Митрофанов, Д.К. Байкасенов, А.Ю. Немальцев // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры материалы Всероссийской научно-методической конференции. Оренбургский государственный университет, 2018. – С. 2966-2970.

3. Немальцев, А.Ю. Зарубежный опыт применения фотоэлектрических установок с солнечными трекерами / А.Ю. Немальцев, Д.К. Байкасенов // Шаг в науку. – Оренбург: Издательско-полиграфический комплекс ОГУ, 2018. – № 2. – С. 160–162.

4. Митрофанов, С.В. Первичная апробация автоматизированного двухкоординатного солнечного трекера в климатических условиях Оренбургской области как перспектива создания программно-аппаратного комплекса / С.В. Митрофанов, А.Ю. Немальцев, Д.К. Байкасенов // Альтернативная энергетика и экология. – 2018. – № 7-9. – С. 43-54.

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

ПЕРСПЕКТИВЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ИЗУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН

Нагорный Ф.Д., канд.тех.наук, доцент

Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ОГУ

Качество изучения любого предмета во многом зависит от непосредственного наблюдения за реально происходящими событиями в технологическом процессе, участие обучающегося в организации управления, принятия конкретных действий.

Работодатель проверяет качество специалиста в конкретном деле во время испытательного срока.

Качество изучения электроэнергетических дисциплин зависит от глубокого понимания физических процессов при производстве электроэнергии, ее преобразования, транспортировании, распределении и потреблении различными потребителями.

Качественное обучение в любом деле должно быть индивидуальным, самостоятельным. Количество часов на изучение электроэнергетических дисциплин ограничено учебными планами. На самостоятельную работу обучающемуся кроме электроэнергетики выносят задания по всем другим дисциплинам надеясь, что студент должен самостоятельно изучать весь день в ущерб здоровью, отдыху, семье. Многие студенты вынуждены после учебы подрабатывать.

Кроме качественных лекций, изучение таких дисциплин как переходные процессы в электроэнергетических системах, релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем техника высоких напряжений должно сопровождаться лабораторными исследованиями на специализированных стендах.

Существующие лабораторные стенды по релейной защите с управляющим компьютером обладают преимуществом по сравнению с лабораторными работами на действующих реальных устройствах, тем что значительно сокращают время экспериментов, студенты наблюдают готовые результаты. Сами реле и другие устройства на этом стенде условно обозначены и имеют лишь гнезда для подключения проводников.

Если до времени выполнения таких лабораторных работ студент не видел реальных устройств релейной защиты, то качество экспериментального изучения на подобных стендах очень низкое. Рабочее место перед компьютером рассчитано на одного студента, остальным можно наблюдать на экране проектора. Приобрести несколько компьютеризированных стендов по релейной защите последнее время практически нет возможности.

По обслуживанию компьютеризированных стендов по релейной защите рекомендовано обращаться за помощью к изготовителю, заключив договор на оплату работ.

В настоящее время необходимо оснащать лабораторные исследования по релейной защите микропроцессорной элементной базой и интеллектуальными устройствами.

Для изучения переходных процессов в электроэнергетических системах имеется компьютеризированный стенд с физическими моделями генератора, линиями электроснабжения, потребителями.

Стенд приобретен в одном экземпляре, обладает большей наглядностью, чем стенд по релейной защите, эксплуатируется больше двадцати лет.

Студентам представлена возможность организовать работу моделей генератора энергетической системы, включить его на параллельную работу с системой большой мощности, в качестве которой используется трехфазное питание в лаборатории. В ручном режиме имитируется короткое замыкание на одну секунду, на компьютере регистрируется соответствующий переходный процесс. К недостаткам этого стенда следует отнести невозможности индивидуальной работы каждого студента, сложности обслуживания стенда.

Лабораторные работы по технике высоких напряжений автором организованы по примеру кафедры высоких напряжений ведущего учебного заведения страны – Московского электротехнического института. Методически лабораторные работы по технике высоких напряжений соответствуют реальным испытаниям различных видов изоляции на испытательном стенде. Регулируемый источник высокого напряжения до 141 кВ оснащен дистанционным управлением, защищен релейной защитой. Стенд удовлетворяет всем требованиям техники безопасности, Огорожен металлической сеткой, позволяющей наблюдать за всем происходящим на наборном поле.

В лаборатории имеется стенд испытания изоляции на напряжение 10 кВ с измерительным мостом. Обновление лаборатории новыми современными стендами затруднено финансовыми возможностями. Стенд с меньшими возможностями по регулировке высокого напряжения стоит свыше одного миллиона рублей.

В лаборатории электрических и электронных аппаратов на реальных аппаратах студенты исследуют их характеристики. Стенд обладает наглядностью, позволяет работать на нем нескольким студентам.

Качество изучения релейной защиты и автоматизации зависит от индивидуальной работы студентов при выполнении курсовой работы. Курсовая работа содержит четыре варианта схем электроснабжения промышленных предприятий, Варианты разнесены по трем признакам: последняя цифра номера зачетной книжки, предпоследняя цифра и начальным буквам фамилии студента. Индивидуальные варианты активизируют самостоятельную работу каждого студента при выборе схем релейной защиты, оснащения их современной элементной базой. К недостаткам курсовой работы следует отнести, что она не заслуживает в рабочих планах статуса курсового проекта. Ведь полностью вычерченные схемы релейной защиты всей схемы электроснабжения промышленного предприятия будут востребованы в выпускных квалификационных работах. Курсовой проект по релейной защите и

автоматизации направил бы самостоятельную работу студентов на более высокий уровень.

Лабораторные работы по переходным процессам в электроэнергетических системах проводится по методике моделирования на компьютерах в среде Matlab.

Задание на работу включает схему электроэнергетической системы, режим работы с различными аварийными ситуациями. Здесь можно разбить на большое количество вариантов исходных данных. Работы индивидуальны для каждого студента. Возникают проблемы со составлением схемы моделирования. Много времени уходит на подготовительные расчеты. Ограниченной количеством лицензионных программ (одна) не позволяет качественно провести занятия.

Ради качества изучения переходных процессов нужно прибегать к физическому моделированию.

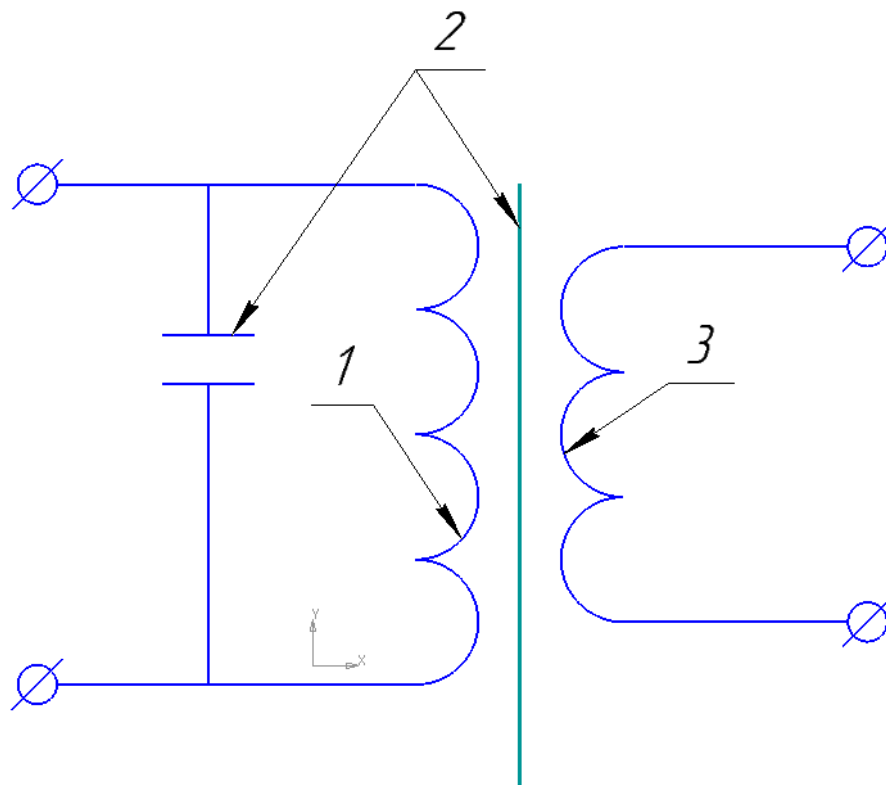
Физическое моделирование должно проводится на учебных полигонах, оснащенных реальным высоковольтным оборудованием. Изучать изоляцию высоковольтного оборудования можно только используя установки с рабочими и максимальными напряжениями. Термическую и электродинамическую стойкость аппаратов можно исследовать только если по ним протекают токи короткого замыкания в десятки тысяч ампер, ощутить переходные процессы и работу релейной защиты и автоматизации электроэнергетических систем.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ТРАНСФОРМАТОРА С МАГНИТОПРОВОДОМ, СПОСОБНЫМ КОМПЕНСИРОВАТЬ РЕАКТИВНУЮ МОЩНОСТЬ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПАКЕТА MatLAB

Нелюбов В. М., канд. техн. наук, доцент,
Вороньжев И. Д.
Оренбургский государственный университет

Одним из ключевых направлений по повышению энергетической эффективности работы электрических сетей и снижению потерь электроэнергии является компенсация реактивной мощности. Для этой цели можно применить нетрадиционные компенсирующие устройства. К таким устройствам можно отнести трансформатор, в котором изолированные листы электротехнической стали магнитопровода используются в качестве обкладок конденсатора. Таким образом мы можем получить присоединенный к выводам обмоток трансформатора высоковольтный конденсатор, способный компенсировать потребляемую мощность трансформатора.

Схема присоединения конденсатора к обмоткам трансформатора приведена на рисунке 1.



1- обмотка ВН; 2 – магнитопровод-конденсатор; 3 – обмотка НН

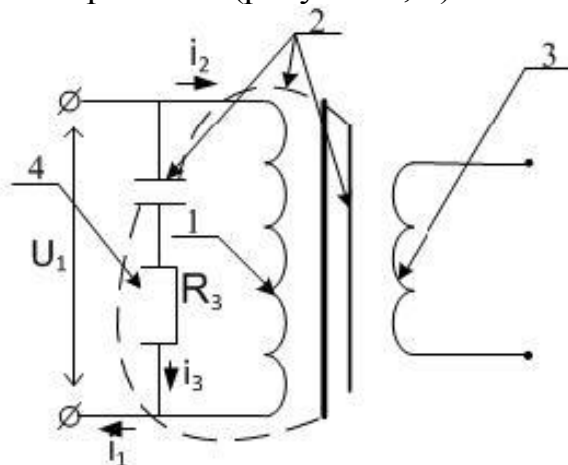
Рисунок 1 – Схема компенсированного трансформатора

Трансформатор работает следующим образом: при подаче напряжения на обкладки конденсатора, изоляция между пластинами находится под фазным

напряжением. Трансформатор потребляет из сети реактивную мощность, а конденсатор, в свою очередь, ее генерирует. В результате этого потребление реактивной мощности из сети уменьшается, что обуславливает снижение потерь, вызванных перетоками реактивной мощности по сети.

Моделирование работы модифицированного трансформатора осуществлялось в системе MatLab Simulink, которая позволяет решать задачи математической физики с высоким уровнем точности с помощью графических блоков.

Моделирование рабочих процессов в модифицированном трансформаторе проводится в режиме холостого хода при подключении конденсатора параллельно обмотке высокого напряжения (рисунок 2, 3).



1 – обмотка ВН; 2 – магнитопровод-конденсатор; 3 – обмотка НН; 4 – ограничивающий резистор.

Рисунок 2 – Схема замещения трансформатора

При этом второе уравнение Кирхгофа в дифференциальной форме будет иметь вид:

$$u_1 = i_1 \cdot r_1 + L_{11} \cdot \frac{di_2}{dt} + \frac{1}{C_k} \int_0^t i_3 dt + i_3 \cdot r_3, \quad (1)$$

где u_1, i_1, i_2, i_3 - мгновенные значения напряжения и токов питания, первичной обмотки и конденсатора;

r_1, r_3, L_{11} – активное сопротивление обмотки, ограничивающего резистора и собственная индуктивность обмотки;

C_k - емкость конденсатора-трансформатора.

Максимально возможная емкость конденсатора-трансформатора вычисляется исходя из габаритов магнитопровода трансформатора и материала изоляции его листов по формуле

$$C_k = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot V}{\delta_{из} \cdot (\delta_l + 2 \cdot \delta_{из})}, \quad (2)$$

где ε_0 - диэлектрическая постоянная, Ф/м;
 ε - диэлектрическая проницаемость среды, о.е;
 $\delta_{из}, \delta_{л}$ - толщина изоляции и толщина листов магнитопровода, мм;
 V – объем стали магнитопровода, м³.

Объем стали магнитопровода определяется по формуле

$$V = \frac{G}{\gamma}, \quad (3)$$

где G – масса магнитопровода, кг;
 γ – плотность стали, кг/м³.

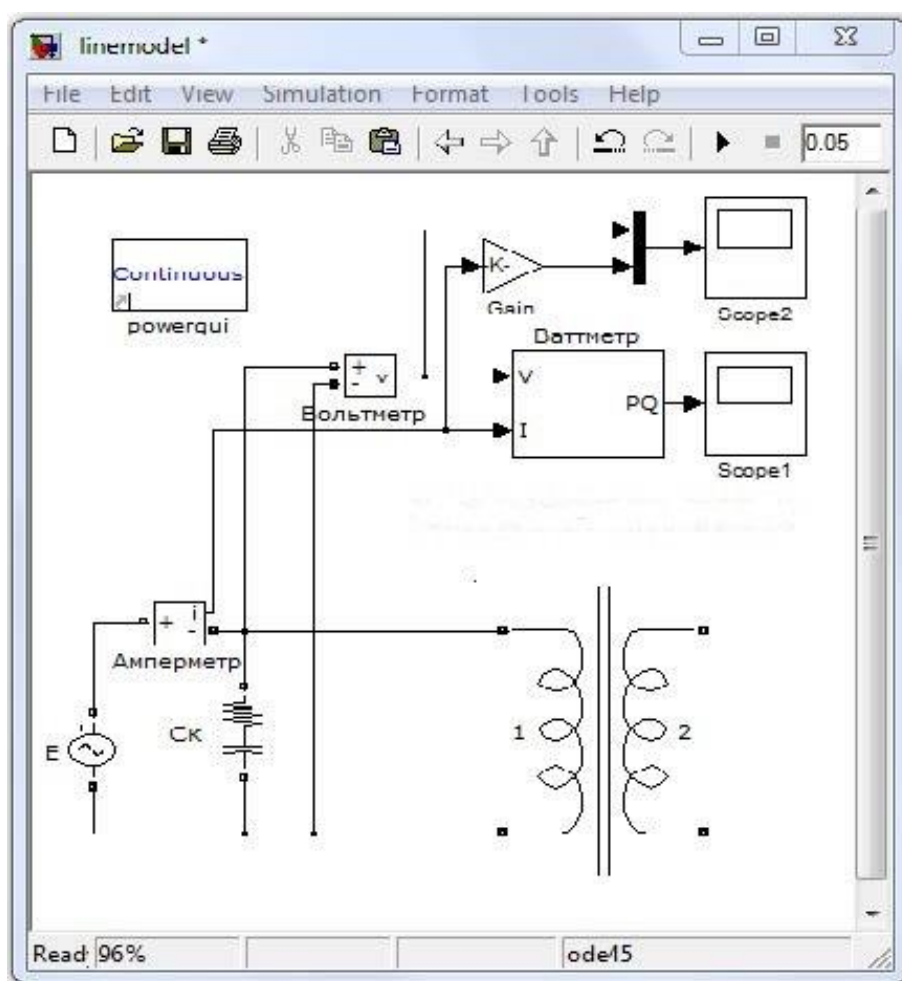


Рисунок 3 – Модель модифицированного трансформатора в системе MatLab

Список литературы

1. Индивидуальная компенсация реактивной мощности на электрифицированном транспорте/ Ю. П. Попов, Е. Ю. Сизганова, Л. С. Синенко, А. Ю. Южанников // Сб. трудов IV Международной науч. конф. «Эффективность и качество энергоснабжения промышленных предприятий». Украина. Мариуполь. 2000 г. С. 239-240.

2. Цирель Я. А., Поляков В. С. Эксплуатация силовых трансформаторов на электростанциях и в электросетях – Л. : Энергоатомиздат, 1985 г.
3. А. с. 1391369 СССР, Н01F27/24. Трансформатор / А. И. Грюнер, Ю. П. Попов, А. Ю. Южанников и Е. Ю. Лохмакова (СССР) №4080214/24-07; Заявлено 6.10.85; Опублик. 05.05.86, Бюл.№ 11 — 4 с.
4. А. с. 1391369 СССР, Н01F27/24. Трансформатор/ Ю. П. Попов, А. Ю. Южанников (СССР) №4138034/24-07; Заявлено 5.05.85; Опублик. 22.10.86, Бюл.№19 — 4 с.
5. Повышение энергетической эффективности систем электроснабжения железных дорог переменного тока с использованием компенсированных трансформаторов/ О. В. Колмаков, В. В. Конратюк, А. И. Орленко, Ю. П. Попов, Л. С. Синенко// Сб. материалов IV конф. «Энергосбережение и ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте. 16 ноября 2012. Москва. ЦНТИиБ – филиал ОАО РЖД. С 104-108.
6. Вороньжев И.Д., Нелюбов В.М. Использование магнитопровода трансформатора в качестве устройства компенсации реактивной мощности. – Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всероссийской научно-методической конференции. – Оренбург: ОГУ, 2018. – С. 2971-2973. ISBN 978-5-7410-1910-8

ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ СЕССИЙ ПО ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМ ПРОГРАММАМ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**Нелюбов В.М., канд. техн. наук, доцент
Оренбургский государственный университет**

При реализации образовательных программ высшего образования промежуточная аттестация, в том числе в форме экзаменационных сессий включается в общую трудоемкость освоения образовательной программы, т.е. часть зачетных единиц осваивается обучающимся в период экзаменационных сессий в форме самостоятельной работы при подготовке к экзаменам и в форме контактной работы с преподавателем непосредственно во время экзамена.

Планирования графика экзаменационных сессий, как правило, производится в информационно-аналитических системах вузов. В подсистеме ИАС Оренбургского государственного университета «Учебные планы» разработчику образовательной программы предоставляется несколько вариантов такого планирования:

1) ручное планирование, когда сам пользователь произвольно, на основании своего опыта распределяет дни экзаменационной сессии по дисциплинам учебного плана, вынесенных на текущую сессию;

2) автоматически, - равномерно по дисциплинам (при этом, если возникают остатки дней после равномерного распределения, то эти остатки распределяются по одному дню на те дисциплины, которые имеют большую семестровую трудоемкость в ранжированном порядке);

3) Пропорционально трудоемкости дисциплины (в семестре) методом квот Хэйра–Нимейера (Гамильтона).

Второй способ рекомендуется применять для сессий на которые вынесены примерно одинаковые по трудоемкости дисциплины.

Третий способ можно описать следующим алгоритмом:

Рассчитывается суммарная трудоемкость всех дисциплин в семестре, по которым назначен экзамен:

$$T_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{N_{\Sigma}} T_{i}^{3E},$$

где: T_{i}^{3E} – трудоемкость дисциплины или ее части в 3Е, по которой назначен экзамен и реализуемой в i-ом семестре;

N_{Σ} – количество экзаменов в семестре.

Количество дней (неокругленное) экзаменационной сессии, выделяемое на экзамен по i-ой дисциплине:

$$D_{\Sigma i} = \frac{T_{i}^{3E} \cdot D_{\Sigma}}{T_{\Sigma}},$$

где D_{Σ} – продолжительность экзаменационной сессии в днях (считается, что в неделе 6 дней, - один выходной);

Далее осуществляется первичное распределение дней на экзамены путем округления $D_{\varepsilon i}$ до ближайшего меньшего целого – $D_{\varepsilon li}$. Определяются дробные части $D_{\varepsilon i}$:

$$DЧ_{\varepsilon i} = D_{\varepsilon i} - D_{\varepsilon li}.$$

Определяется остаток нераспределенных дней экзаменационной сессии:

$$D_{\text{ост}} = D_{\varepsilon} - \sum_{i=1}^{N_{\varepsilon}} D_{\varepsilon li}.$$

Ранжируются дисциплины в порядке убывания остатков $DЧ_{\varepsilon i}$. Производится добавление по одному дню к $D_{\varepsilon li}$, пока не распределены все дни $D_{\text{ост}}$.

Такое распределение позволяет, учесть тот факт, что на подготовку и сдачу экзамена с большей суммарной трудоемкостью, студенту требуется больших трудозатрат времени.

Список литературы

1. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 г. N 301г. «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры»

2. Метод Хэйра. Режим доступа:
https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4_%D0%A5%D1%8D%D0%B9%D1%80%D0%B0

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СЕТЕВОГО КОМПЛЕКСА ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ОПОР ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ

**Нелюбов В.М., канд. техн. наук, доцент, Лунев В. Г.
Оренбургский государственный университет**

В наше время при проектировании электросетевых объектов стремятся к более эффективному использованию ресурсов: экономии материалов, трудозатрат, сокращению времени строительства и увеличению надежности ЛЭП. В 2003 году вышла 7 редакция "Правил устройства электроустановок (ПУЭ)", в ней были повышены требования к надежности, в том числе и за счет увеличения расчетных нагрузок на элементы линий электропередачи.

Опоры ЛЭП являются жизненно важным компонентом и необходимо учитывать надежность и безопасность этих конструкций при проектировании и эксплуатации систем электроснабжения. Особое значение это имеет в регионах, со сложными климатическими условиями, которые обязывают закладывать в проект повышенную надежность.

Для повышения надежности ЛЭП низкого напряжения (6-10 кВ), прежде всего необходимо проанализировать статистику и провести анализ основных причин аварий в этих сетях. На обрыв одного или нескольких проводов приходится - 25%; повреждение изоляторов - 35%; повреждение опор - 40% всех повреждений[1].

Если провести анализ подобной статистики для линий электропередачи более высоких классов напряжения, например 35-110 кВ, то можно увидеть что они по показателям надежности в разы лучше, чем в сетях более низкого напряжения. В тяжелых геолого-климатических условиях стойки ВЛ 35 – 110 кВ выдерживают более длительный срок службы, порядка 40-50 лет, в то время как для стоек ВЛ 6-10 кВ срок службы в этих регионах редко превышает 10 лет.

Причина такой большой разницы в надежности кроется в том, что при возведении трасс ЛЭП указанных классов напряжения, применяются другие технические решения. Используются стальные опоры, при возведении фундаментов, в грунт устанавливаются сваи большой длины, увеличенные междупазные расстояния, применяются подвесные изоляторы для проводов.

Анализ литературы показал, что повышение надежности сетевого комплекса, за счет применения инновационных воздушных опор, возможно осуществить двумя способами:

1. Разработка новых конструкций опор с использованием традиционных материалов.

2. Разработка опор с использованием инновационных материалов.

Первый вариант предусматривает проектирование опор новых конструкций.

Опоры серии С10П устанавливаются на свайный фундамент из стальной трубы, с посредством фланцевого крепления.

В качестве линейной изоляции предлагается применять инновационные подвесные полимерные изоляторы вместо обыкновенных штыревых стеклянных и фарфоровых.

Опоры из гнутого стального профиля, обладают большим количеством достоинств, в сравнении с опорами из железобетона: уменьшенный вес (270 против 1150 килограмм), что облегчает транспортировку, установку и замену; повышенный срок службы, и меньшая склонность к повреждениям. [2]

Так же большую надежность показали решетчатые и многогранные стальные опоры.

Решетчатая опора - это каркасная конструкция из стальных или алюминиевых профилей. Решетчатые стойки используются для линий электропередач всех напряжений и являются наиболее распространенным типом для высоковольтных линий электропередач. Решетчатые опоры обычно изготавливаются из оцинкованной стали. Алюминий используется для снижения веса

Стальные многогранные опоры используются для возведения высоковольтных ЛЭП. Данные стойки эксплуатируются в I-V ветровых и гололедных районах в соответствии с ПУЭ-7, они могут эксплуатироваться при температуре до -65°C . Многогранные металлические опоры выполняются из стоек в виде полых усечённых пирамид, с поперечным сечением в форме правильного многогранника.

Проектирование ЛЭП с использованием решетчатых опор будет оптимальным, с учетом, что данная серия опор, изначально рассчитывалась в соответствии с требованиями ПУЭ-7.

Преимущества решетчатых опор для ЛЭП были доказаны 20 лет назад, когда применялись первые многогранные опоры, соединяемых на фланцах. Данные опоры были установлены ВЛ в Западной Сибири.

Применение новых конструкций стоек из стали позволяет в разы уменьшить аварийность участков ВЛ в труднодоступных регионах со сложными климатическими условиями.

Но у них есть свои недостатки. Как и все металлоконструкции эти опоры подвержены коррозии, так же немаловажной проблемой является их цена. Первый вопрос можно решить: использованием более коррозионно-стойких сплавов, оцинковкой или покрытием полимерными материалами. Второй вопрос не может быть так решен, но металлические стойки обладают большим сроком службы, и металл из которого они состоят можно вторично использовать в производстве.

Второй вариант предусматривает использование опор из инновационных материалов.

Композитные опоры ЛЭП - конструкции, выполненные с использованием полимерных композиционных материалов, которые обеспечивают данным опорам особые свойства.

Второй вариант предусматривает использование опор из инновационных материалов.

Композитные опоры ЛЭП - конструкции, выполненные с использованием полимерных композиционных материалов, которые обеспечивают данным опорам особые свойства.

Композитные стойки изготавливают по различным технологиям, одна из них, намотка нити из стекловолокна по конической форме, с изменением углам к ее оси для получения требуемых показателей. Так же используются базальтовые композиты, которые превосходят стеклопластик по прочности и долговечности при равенстве прочих характеристик. Опора имеет сборную модульную конструкцию, а технология производства такова, что секции опоры можно получать любой длины. Зарубежные производители изготавливают опоры до 36 м, удовлетворяющие всем требованиям прочности.[3]

Они хорошо зарекомендовали себя как влаго- и коррозионно стойкие, невосприимчивые к повреждениям от животных и окружающей среды. Эти материалы более экономичны с учетом внутренних свойств, таких как: электрическая изоляция, коррозионная стойкость, высокое соотношение прочности и веса[4].

Сегменты транспортируются упакованными по схеме «матрешка». Траверсы, арматура и изоляторы (при полной поставкой) также размещены внутри секций стойки. Меньшие по размеру секции перевозятся в секциях большего размера. Очень низкий вес и высокая надежность по сравнению с железобетонными и деревянными опорами, с учетом увеличения транспортных расходов, увеличенная гибкость, позволяющая локальным нагрузкам более безопасно распределяться и уменьшения вероятности обрыва провода, являются дополнительными конкурентными преимуществами [5].

Данные опоры требуют меньших затрат на обслуживание. Но они имеют свои недостатки:

1. Прочность. Несмотря на то что данные опоры соответствуют всем требованиям, они все равно уступают другим типам стоек, некоторые виды внутри полые. Эту проблему можно решить использованием более прочных, толстостенных опор, либо добавлением поперечных конструкций внутри и ребер жесткости снаружи.

2. Горючесть. Данные опоры подвержены горению и способствуют распространению огня, если их не обрабатывать спецсоставами.

3. Цена. Как и металлические стойки, композитные отличаются высокой ценой, вместо одной опоры из композитных материалов возможно установить несколько других, но с учетом более длительного срока службы и меньших затрат на обслуживание, они выгоднее.

Воздушные линии электропередачи имеют большое значение для надежности системы электроснабжения. И все выше описанные свойства обеспечивают опорам высокую надежность, и как следствие меньшие затраты на обслуживание. Так же композитные и стальные опоры новых серий в разы легче чем железобетонные опоры. Их можно переносить вручную, легче доставлять к месту аварий, для установки не требуется тяжелая крупногабаритная техника.

Список литературы

1. Главный энергетик: ежемес. журн. / учредитель Изд. дом «Панорама». – 2003, май. – . – Москва – ISSN 2074-7489. – 2009, № 1 (100).
2. ГК «ЭЛСИ». Применение стальных опор при строительстве воздушных линий электропередачи напряжением 6-10 кВ. Режим доступа – электронный - <http://www.elsi.ru/publications/primenenie-stalnykh-opor-pri-stroitelstve-vozdushnykh-liniy-elektoperedachi-napryazheniem-6-10-kv/>
3. Composites on the Line Режим доступа – электронный - <https://www.compositesworld.com/articles/composites-on-the-line>
4. Бочаров Ю.Н. Электронные библиотеки: статья / Бочаров Ю.Н., Жук В.В., К вопросу о композитных опорах воздушных линий Режим доступа – электронный - <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-kompozitnyh-oporah-vozdushnyh-liniy>
5. МВТУ имени Н.Э. Баумана. Композиты России. Режим доступа – электронный <http://www.emtc.ru/ru/project/razrabotka-i-organizaciya-proizvodstva-opor-lep-i-stroitelnyh-konstrukciy-iz>

ВОПРОСЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ ВНУТРИЗАВОДСКОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Панишев И.В., Кукушкин Д.С.

Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ОГУ

Рассмотрим вопросы оптимизации построения систем внутривозводского электроснабжения промышленного предприятия на примере ОАО «ОЗЛМК», который расположен в юго-западной промышленной части города Орска и имеет одну промышленную площадку. В окружении завода размещены завод им. Чкалова, завод «Строймаш», кирпичный завод. В южном направлении, в 200 м и далее находятся транспортная и железнодорожная магистрали и жилые массивы.

Основное производство ОАО «ОЗЛМК» размещено в двух корпусах. Корпус 1 состоит из следующих цехов и участков:

1) участка подготовки металла, где производится складирование, первичная обработка черного металла различной формы (очистка металла от ржавчины, окалины и промышленного мусора);

2) цеха металлоконструкций, где производится вторичная обработка металла, сборка и сварка зданий типа «Молодечно»;

3) цеха рамных конструкций, где производится вторичная обработка металла, сборка и сварка зданий типа «Орск»;

4) участка сборосварки и окраски, где полученные конструкции окончательно комплектуются, окрашиваются и подготавливаются к отгрузке. Корпус 2 состоит из:

1) участка металлоконструкций, производство которого аналогично производству цеха металлоконструкций корпуса 1;

2) участка сборосварки, где производится сборосварка металлоконструкций;

3) участка профнастила, где изготавливаются профнастилы, из которых собираются трехслойные стеновые панели;

4) склада готовой продукции.

Кроме этого, на предприятии существует ряд вспомогательных цехов и участков:

- механоинструментальный цех;
- деревообрабатывающий участок;
- блок вспомогательных служб, включающий компрессорную станцию, канализационную станцию, насосную станцию, склад, гараж, депо, ЦРП;
- административно-бытовой корпус, в котором находится администрация завода, столовая, медпункт, автоматическая телефонная станция;
- энергоремонтный участок;
- тепловый пункт;
- кислородная станция.

Суммарная установленная мощность электроприемников предприятия напряжением ниже 1000 В равна 11373 кВт. Электроприемники напряжением

выше 1000 В отсутствуют. Категории основных потребителей по надежности электроснабжения: к I категории относится насосная станция; к III категории относится 30% от общего количества потребителей; ко II категории относятся остальные потребители.

Полная расчетная мощность на шинах ЦРП составляет 7152,3 кВА. Коэффициент реактивной мощности $\operatorname{tg} \varphi = 0,51$, напряжение внешнего электроснабжения 10 кВ, мощность короткого замыкания в точке подключения питающих линий равна 220 МВА. Расстояние от предприятия до источника питания составляет 0,95 км. Предприятие питается двумя кабельными линиями ААШвУ – 2(3×240). Напряжение внутреннего электроснабжения 10 кВ. На ЦРП предприятия установлены КРУ-10 кВ, внутренней установки типа К-59-10/20 с выкатным вакуумным выключателем - ВВ/TEL.

На предприятии установлено восемь трансформаторных подстанций. В качестве цеховых ТП используются комплектные трансформаторные подстанции типа КТП - 250/10, КТП - 630/10, КТПМ - 1000/10, КТПМ - 1600/10 с установкой на них трансформаторов типа ТМ.

Основной продукцией ОАО «ОЗЛМК» являются трехслойные стеновые панели и сборные металлоконструкции, из которых изготавливают здания типа «Орск» и «Молодечно».

Для изготовления сборных металлоконструкций черный металл (швеллер, уголок, лист и т.д.) поступает на склад корпуса 1. На участке подготовки металла, на линиях «Гутман» и «Гитарт», он очищается от ржавчины, окалины и мусора и покрывается защитным слоем грунтовки. Затем заготовки поступают в цеха металлоконструкций и рамных конструкций, где листовый металл выпрямляется, выравнивается угловая сталь и швеллер, затем обрабатывается прессованием, резкой на нужные размеры, сверлятся и пробиваются отверстия и т.д.. После чего заготовки поступают на участок сборосварки, где изготавливают колонны, балки, связи, ригели рам, прогоны на коттеджи, отдельные детали и узлы. При этом используют кондукторы для сборки и сварочные порталы. Затем эти узлы поступают на участок окраски и сушки, где окрашивают изделия распыленной в электростатическом поле на двух покрасочных линиях типа «Плауэн». Окрашенные детали поступают на участок складирования, где они комплектуются к отгрузке, затем грузятся в вагоны.

На участок металлоконструкций корпуса 2 поступает металл, обработанный на участке подготовки металла корпуса 1, из которого производятся заготовки, поступающие затем на участок сборосварки, где изготавливаются узлы, аналогичные произведенным узлам на участке сборосварки корпуса 1. На склад участка профнастила поступает оцинкованный лист в рулонах, из которого катают профнастил различных профилей от 15 до 75 мм на двух прокатных станах «Фата» и «Комэк».

Для комплектации зданий утепленного типа изготавливают панели из профлиста с использованием минватного утеплителя. Готовые панели поступают на склад готовой продукции, где они комплектуются к отгрузке и отправляются заказчику железнодорожным транспортом.

Основными электроприемниками завода являются сварочные трансформаторы ручной и полуавтоматической сварки, асинхронные электродвигатели различных станков: металлообрабатывающих (прессов, пресс-ножниц, ножниц, сверлильных, токарных, фрезерных, отрезных, листоправильных, долбежных), деревообрабатывающих (фуговальных, пилорамы). Кроме этого на заводе работает большое количество мостовых кранов (ПВ = 40%), вентиляторов.

Все эти электроприемники рассчитаны на номинальное напряжение 380/220 В с частотой переменного тока 50 Гц. По степени бесперебойности электроснабжения станки относятся ко II категории. Высоковольтные электроприемники на заводе отсутствуют.

Окрасочные линии, линии очистки металла, прокатные линии имеют длительный режим работы и относятся ко II категории.

Синхронные двигатели, участвующие в компенсации реактивной мощности и подпитке токов короткого замыкания, установлены четыре - в кислородной и три – в компрессорной типа БСДК мощностью 200 кВт.

Компрессоры, установленные на компрессорной станции, применяют для получения сжатого воздуха, необходимого для работы станков и ручного пневмооборудования. Компрессоры относят ко II категории.

Насосная станция предназначена для перекачки воды в производственных целях и снабжена насосами с приводами от асинхронных двигателей 22 - 30 кВт.

Питание ОАО «ОЗЛМК» осуществляется от подстанции «Заводская», расположенной вне предприятия. На ней установлены два трансформатора мощностью 63 МВА каждый, которые получают электроэнергию от ТЭЦ-1 по воздушной линии длиной 4 км. Низкое напряжение трансформаторов составляет 10 кВ. Питание ОАО «ОЗЛМК» осуществляется напряжением 10 кВ с помощью кабельной линии длиной 950 м. Распределение электроэнергии по заводу производится от ЦРП - 10 кВ, расположенной в блоке вспомогательных служб.

На предприятии установлено восемь цеховых КТП, получающих электроэнергию от ЦРП по радиальным линиям. Комплектные трансформаторные подстанции мощностью от 400 до 1000 кВА имеют глухое присоединение кабельной линии высокого напряжения.

Определение расчетных электрических нагрузок производится по средней нагрузке и коэффициенту расчетной мощности, руководствуясь [12]. Расчет производится на примере, результаты сводятся в таблицу 1.

Согласно планировки корпуса 2, электрооборудование выделяется в группы не более восьми электроприемников в каждой. Для каждой группы предусматривается установка распределительного пункта. РП запитываются от цеховой подстанции магистральными шинопроводами.

Рассмотрим РП₁.

В первую графу записываются группы электроприемников с одинаковым режимом работы. Выделяются две группы: ножницы листовые с $K_{\text{и}} = 0,17$, $\cos \varphi = 0,7$; кромкогибочный пресс с $K_{\text{и}} = 0,17$, $\cos \varphi = 0,73$.

Во вторую графу записывается количество электроприемников по группам и по РП.

В третью графу заносится минимальная и максимальная мощность электроприемников для групп (по паспортам оборудования) и по РП в итоговой строке. Паспортная мощность оборудования с повторно-кратковременным режимом работы приводится к длительному режиму работы ПВ-100%, по формулам:

– для электродвигателей кранов:

$$P_H = P_{\text{пасп}} \cdot \sqrt{\text{ПВ}}; \quad (1)$$

– для трансформаторов ручной и автоматической сварки, сварочных машин:

$$P_H = S_{\text{пасп}} \cdot \sqrt{\text{ПВ}} \cdot \cos \varphi. \quad (2)$$

В четвертую графу заносятся суммарная номинальная мощность электроприемника для групп и по РП.

$$P_{\text{нс}} = \sum P_{\text{ни}}, \quad (3)$$

где $P_{\text{ни}}$ – номинальная активная мощность одного электроприемника, кВт.

$$P_{\text{нс}} = 30 + 30 + 40 = 100 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{нс}} = 18 + 22 = 40 \text{ кВт}.$$

В итоговой строке

$$P_{\text{нс}} = 100 + 40 = 140 \text{ кВт}.$$

В пятую графу заносится для РП значение модуля сборки

$$m = \frac{P_{\text{нмакс}}}{P_{\text{нмин}}}, \quad (4)$$

где $P_{\text{нмакс}}$ - номинальная максимальная мощность для итоговой строки, кВт;

$P_{\text{нмин}}$ - номинальная минимальная мощность для итоговой строки, кВт.

$$m = 40/18 = 2,22 < 3$$

Шестая графа содержит значение коэффициента использования $K_{\text{и}}$ по паспорту оборудования.

В седьмую графу записывается значение $\cos \varphi$ по паспорту оборудования, $\text{tg } \varphi$ определяется на ЭВМ.

В графу восемь и девять записываются значения средней активной мощности $P_{\text{см}}$, кВт, и реактивной мощности $Q_{\text{см}}$, квар, для групп.

$$P_{\text{см}} = K_{\text{и}} \cdot P_{\text{н}}, \text{ кВт} \quad (5)$$

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \cdot \text{tg } \varphi, \text{ квар} \quad (6)$$

В итоговой строке определяются суммы этих величин.

$$P_{\text{см1}} = 0,17 \cdot 100 = 17 \text{ кВт}, \quad Q_{\text{см1}} = 17 \cdot 1,02 = 17,34 \text{ квар}$$

$$P_{\text{см2}} = 0,17 \cdot 40 = 6,8 \text{ кВт}, \quad Q_{\text{см2}} = 6,8 \cdot 0,94 = 6,37 \text{ квар}$$

Итоговая строка:

$$P_{\text{см с}} = 17 + 6,8 = 23,8 \text{ кВт}, \quad Q_{\text{см с}} = 17,34 + 6,37 = 23,71 \text{ квар}$$

Определяется средневзвешенное значение $K_{\text{и}}$ и $\text{tg } \varphi$ для РП, $\cos \varphi$ определяется на ЭВМ, и заносится в графы 6 и 7 соответственно.

$$K_{\text{и}} = \frac{P_{\text{см с}}}{P_{\text{н с}}}; \quad \text{tg } \varphi = \frac{Q_{\text{см с}}}{P_{\text{н с}}}$$

$$K_{\text{и}} = 23,8/140 = 0,17, \quad \text{tg } \varphi = 23,71/23,8 = 0,996, \quad \cos \varphi = 0,71$$

Определяется эффективное число электроприемников. Эффективное число электроприемников - такое число однородных по режиму работы и номинальной мощности электроприемников, которое обуславливает ту же расчетную нагрузку, что и группа различных по мощности и режиму работы электроприемников.

$$N_{\text{э}} = \frac{P_{\text{н с}}^2}{\sum (n \cdot P_{\text{н}})^2} \quad (7)$$

$N_{\text{э}}$ округляется до ближайшего меньшего целого числа. При $m > 3$, $K_{\text{и}} > 0,2$, $N > 5$

$$N_{\text{э}} = \frac{2 \cdot P_{\text{н с}}}{P_{\text{н макс}}} \quad (8)$$

При этом учитывается $N_{\text{э}} \leq N$.

По формуле (7) рассчитаем эффективное число электроприемников:

$$N_{\text{э}} = \frac{140^2}{(2 \cdot 30^2 + 40^2 + 18^2 + 22^2)} = 4,65$$

принимается $N_3 = 4$ и заносится в графу 10.

В графу 11 заносится значение коэффициента расчетной нагрузки K_p равное 2,17, взятое из [1].

В графу 12 заносится расчетная активная нагрузка, найденная по следующей формуле

$$P_p = K_p \cdot P_{\text{см с.}} \quad (9)$$

$$P_p = 2,17 \cdot 23,8 = 51,74 \text{ кВт.}$$

В 13 графе значение расчетной реактивной нагрузки:

если $N_3 < 10$, то $Q_p = 1,1 \cdot Q_{\text{см с.}}$;

если $N_3 \geq 10$, то $Q_p = Q_{\text{см с.}}$.

В нашем случае $N_3 = 4$, поэтому $Q_p = 1,12 \cdot 3,71 = 26,08$

В графу 14 заносится полная расчетная мощность.

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$$

$$S_p = \sqrt{51,74^2 + 26,08^2} = 57,94 \text{ кВА}$$

В графу 15 записывается расчетный ток

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H}, \text{ А} \quad (10)$$

где U_H - номинальное напряжение питающей сети, кВ.

$$I_p = \frac{57,94}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 88,03 \text{ , А}$$

Расчет распределительной сети 0,4 кВ

Распределительная сеть выполняется проводами марки АПВ и кабелем АВВГ, проложенными в стальных водогазопроводных трубах. Сечение проводов выбирается по условию нагрева:

$$I_p \leq I_{\text{дл доп}} \quad (11)$$

где $I_{\text{дл доп}}$ - длительно допустимый ток, протекающий по проводу и не вызывающий нагрев, А;

I_p - расчетный ток провода, А.

$$I_p = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi}, \text{ А}$$

где P_n - номинальная мощность электроприемника по паспорту оборудования, кВт.

Внутренний диаметр труб определяется по формуле:

$$0,32 \cdot D^2 \geq n_i \cdot d_i^2, \quad (12)$$

где D - диаметр трубы, мм;

n_i - число проводов в трубе;

d_i - наружный диаметр проводов, мм, по [11, 34].

Пример: позиция 3 (по планировке оборудования).

$$I_p = \frac{22}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,73} = 45,8 \text{ A}$$

Из [3] выбирается сечение провода 10 мм^2 с $I_{\text{дл доп}} = 47 \text{ A}$ и нулевым проводом 6 мм^2 и проверяется по условию нагрева по формуле (11).

$$45,8 < 47 \text{ A}$$

$$D = \sqrt{\frac{(3 \cdot 6,4^2 + 4,9^2)}{0,32}} = 31,4 \text{ мм}$$

Принимается $D = 40 \text{ мм}$.

Проверяем провод по потере напряжения до наиболее удаленного или наиболее мощного электроприемника, исходя из требования:

$$\Delta U \leq \Delta U_{\text{доп}}, \quad (13)$$

где $\Delta U_{\text{доп}} = 5\%$ - допустимая потеря напряжения в сети.

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot l \cdot 100}{U_n} \cdot (r_0 \cdot \cos\varphi + x_0 \cdot \sin\varphi), \quad (14)$$

где I_p - расчетный ток, А;

l - длина провода (кабеля), км;

r_0, x_0 - удельное активное и реактивное сопротивление провода, из [2].

Позиция 38 (по планировке оборудования):

$$L = 20 \text{ м}; \quad r_0 = 0,326/2 = 0,163 \text{ Ом/км}; \quad x_0 = 0,0608/2 = 0,0304 \text{ Ом/км}.$$

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 434,1 \cdot 0,02 \cdot 100 \cdot (0,163 \cdot 0,7 + 0,0304 \cdot 0,71)}{380} = 0,54\%$$

$$0,54 < 5\%$$

Ниже приведены фрагменты таблиц 1 и 2, где записываются результаты расчётов.

Таблица 1 – Расчет электрических нагрузок корпуса 2 (фрагмент)

Наименование групп электроприемников	Кол-во ЭП	Уст. мощность		m	Ки	cos φ / tg φ	Ср. мощность	
		одного	общая				Рср	Qср
	шт	кВт	кВт				кВт	квар
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Корпус 2								
Уч-ток металлоконструкций								
РП1	3	30-40	100		0,1	0,7/1,02	17	17,34
Ножницы листовые	2	18-22	40		7	0,73/0,94	6,8	6,37
Пресс кромкогибочный					0,1			
					7			
Итого по РП1	5	28-40	140	<3	0.1	0.71/0.99	23.8	23.71
					7			
Итого по РП2	6	21-30	154	<3	0.4	0.79/0.79	73.04	56.66
					3			
Итого по РП3	7	15-40	171	<3	0.1	0.68/1.08	28.78	24.49
					7			
Итого по РП4	6	1.5-80	186.5	>3	0.6	0.92/0.42	119.45	4
					4			
Итого по РП5	3	15-55	100,1	>3	0.2	0.6/1.35	24.05	32.43
					4			
Итого по корпусу 2	107	1.5-200	2690		0.4	0.74/0.9	1073.8	959.43
							7	

Таблица 2 – Результаты расчета распределительной сети 0,4 кВ (фрагмент)

Позиция	Р _н	cos φ	I _p	I _{дл доп}	Сечение, F	Диаметр труб, D
	кВт		А	А	мм ²	мм
1	2	3	4	5	6	7
2	18	0,73	37,5	47	АПВ-3(1×10)+1×6	40
3	22	0,73	45,8	47	АПВ-3(1×10)+1×6	40
6	40	0,7	86,8	95	АПВ-3(1×35)+1×25	70

Список литературы

1. Чиндяскин В.И., Абрамова Е.Я. Расчет электрических нагрузок цеха и промышленного предприятия в целом. Методические указания- Оренбург: ОГТУ, 1995.- 31 с.

2. Федоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий.- М.: Энергоатомиздат, 1987.- 368 с.

3. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования /Под ред. Ю.Г. Барыбина и др.- М.: Энергоатомиздат, 1991.- 464 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ BIM – ТЕХНОЛОГИЙ

**Пилипенко В.Т., Исингалеева А.У.
Оренбургский государственный университет**

В настоящее время во всем мире, при проектировании различных бытовых и промышленных объектов и систем, обеспечивающих их функционирование, в том числе и систем электроснабжения, активно применяется BIM.

Информационное моделирование представляет собой создание объекта, которое предполагает комплексную обработку технической, экономической, архитектурно–конструкторской и иной информации о здании со всеми её взаимосвязями и зависимостями. Включение BIM технологий на этапе проектирования, требует покупку программного комплекса (nanocad, Revit) и обучение персонала, что влечет за собой материальные затраты. В будущем эти затраты окупаются за счет того, что информационное моделирование помогает застройщикам значительно уменьшить стоимость возведения здания, а значит, сократить сроки выполнения объемов [2].

Проектные решения по электроснабжению ледового катка

Для применения BIM – технологий на примере здания ледового катка и дальнейшего анализа, сначала нужно создать основу объекта – строительный план (Рисунок – 1). Для этого нужно обратиться к перечню технических регламентов, стандартов и сводов правил для данного объекта это СП 31-112-2007 «Физкультурно-спортивные залы. Часть 3. Крытые ледовые арены», по которому выполнена разработка данного раздела (Рисунок – 2).

Свод правил предназначен для проектирования новых, реконструируемых и приспособляемых зданий, сооружений и помещений для:

- скоростного бега на коньках;
- хоккея с шайбой;
- фигурного катания;
- шорт-трека;
- кёрлинга;
- хоккея с мячом;
- массового катания.

Прежде чем приступить к проектированию электроснабжения необходимо обозначить техническое оборудование в здании: приточно-вытяжная система, противопожарные насосы, освещение, розеточная сеть и др. электроприемники. А также рассчитать мощность, и составить принципиальную схему питания электроприемников.

Проектирование начинается с конца схемы, т.е. от электроприемников. Предварительно определяют расчетные электрические нагрузки, рассчитывая все электрические приемники. Затем, по полученным данным, выбирают распределительные устройства, после чего выбирают линии распределительной сети [1].

Экспликация помещений			
Номер помещений	Наименование	Площадь, м ²	Кат. помещ.
1	Зал с ледовой ареной	1424,92	
2	Санузел	3,11	
3	Санузел	3,08	
4	Помещение для хранения уборочного инвентаря	12,37	B4
5	Электрощитовая	14,91	B4
6	Коридор	41,16	
7	Инвентарная	43,11	
8	Помещение стоянки машин для заливки льда	71,54	
9	Коридор	75,20	
10	Коридор	77,63	
11	Санузел	10,69	
12	Санузел	5,72	
13	Санузел	6,97	
14	Гардероб верхней одежды	14,20	
15	Мастерская точки коньков	8,52	B4
16	Хранение, выдача и сушка ботинок	11,18	B4
17	Касса	6,92	
18	Пост охраны	16,47	
19	Тамбур	6,85	
20	Вестибюль	97,18	

Рисунок 2 – Экспликация помещений

Характеристика объекта

Степень огнестойкости здания – II

Уровень ответственности зданий – 2 (нормальный);

Срок эксплуатации здания - не менее 50 лет.

Класс значимости объекта – 3

В здании находятся такие технические помещения такие как: электрощитовая и помещение для хранения уборочного инвентаря.

На основании СП 4.13130.2009 п.5.1.10 помещения приняты категории по взрывопожарной и пожарной опасности B4: электрощитовая (B4), кладовая уборочного инвентаря (B4), заточка коньков (B4).

Проект разработан на напряжение ~380/220В в сети с глухо-заземленной нейтралью и системой заземления TN-C-S.

Низковольтные кабели приняты марки ВВГ.

Низковольтные сети от трансформаторной подстанции до вводных устройств ГРЩ, щитов управления:

- в земле в монолитных кабельных каналах в соответствии с типовым проектом АЗ-92;

- в электрощитовых основного льда скрыто под фальшполом;
- открыто в электрощитовой катка на кабельных конструкциях;
- скрыто по этажу за подвесными потолками на кабельных лотках.

Вводы в здания, выходы из каналов выполнить в канальных трубах. Кабели под крыльцом защищено стальными трубами. Кабельные конструкции, установленные в каналах заземлены. Заземление выполнено от контура заземления ТП стальной полосой 4x40мм, привариваемой к скобам, крепящим стойки. Заземляющие проводники каналов внутри здания присоединено к шинам РЕ в электрощитовой.

Технические решения, принятые в рабочих чертежах, соответствуют требованиям норм и правил, действующих на территории Российской Федерации.

Описание решений по обеспечению электроэнергией электроприемников в соответствии с установленной классификацией в рабочем и аварийном режимах

Ввод кабелей предусмотрен в шкафах ввода ВРУ. Электрошкаф дополнен модулями У2 (учет через трансформаторы тока типа ТТИ-А, электронным счетчиком активной энергии типа СТЭБ-04Н/1-7,5-Р 1.0 $I_n=5A$).

Питающие кабели от ввода в здание ледового катка до ВРУ покрыты огнезащитным составом «ОСК-1».

Огнезащитный состав «ОСК-1» основан на применении вспучивающихся материалов, которые под воздействием пламени или тепла резко увеличиваются в объеме (в десятки раз) с образованием твердой трудногорючей пены, имеющей низкую теплопроводность и высокую устойчивость к воздействию источника зажигания.

Таким образом, использование огнезащитного состава препятствует тепловому возгоранию кабелей, замедляет скорость распространения горения, уменьшает дымообразующую способность и температуру дыма, обеспечивает повышение пожароустойчивости кабеля, то есть увеличивает время его функционирования при пожаре.

Шкаф ППУ принят в качестве панели противопожарных устройств, фасадная часть шкафа окрашена в красный цвет. Клапаны из панели ППУ запитаны через расцепитель. Распределительные сети к ППУ и все оборудование, подключенное к этому шкафу выполнено огнестойкими кабелями с изоляцией из поливинилхлоридного пластиката пониженной пожароопасности ВВГнг(А)-FRLS.

На вертикальных и горизонтальных участках распределительные и групповые сети выполнены скрытыми в гофро-трубах из нераспространяющего горение ПВХ и имеют защиту от распространения пожара. В местах прохождения кабелей через строительные конструкции с нормируемым пределом огнестойкости предусмотрены кабельные проходки с пределом огнестойкости не ниже предела огнестойкости данных конструкций. Кабельные проходки выполнены из отрезков жестких гладких ПВХ труб [1].

Распределительные щиты имеют защиту, исключаящую распространение горения за пределы щита из слаботочного отсека в силовой и наоборот.

Электроснабжение приточно-вытяжной вентиляции выполнено от силового шкафа ШВ, типа ВРУ8. ШВ с малогабаритным контактором на вводе, отключающий вентиляторы при пожаре от сигнала прибора ОПС.

В качестве ящика управления электродвигателем приточно-вытяжных вентиляторов принят комплектный ящик управления. Питание противоподымной системы выполнено от ящиков управления электродвигателями вентиляторов.

Противопожарная и хоз. питьевая насосная установка, управляется от шкафа управления "Грантор". Щит ЩАИТП запитан от ШС. Водяные калориферы приточной системы вентиляции, запитаны от шкафа ЩУУ, который в

свою очередь, запитан напрямую от ШС. Отсюда следует, что отключение при пожаре приточных систем вентиляции с водяными калориферами через централизованное отключение источника электрического питания не произойдет, т.к. водяные калориферы запитаны отдельно, от приточной вентиляции.

На этаже размещены розеточные щитки (ПР-*), щитки освещения (ЩО-*) типа ВРУ8, в которых монтированы автоматические выключатели для защиты групповых линий, устройства защитного отключения (УЗО), предотвращающие возникновение пожара.

К установке предусмотрены штепсельные розетки с третьим заземляющим контактом с защитными шторками, к которым прокладывается трехпроводная сеть, включая фазный, нулевой рабочий и защитный проводник. При питании нескольких штепсельных розеток от одной групповой линии выполнено в ответвительной коробке. Последовательное включение в защитный проводник заземляющих контактов штепсельных розеток не допускается.

В местах совпадения трасс прокладки с горизонтально прокладываемыми воздуховодами сантехвентиляции и трубопроводами прокладка электросетей выполнено ниже воздуховодов и выше трубопроводов и канализации.

В местах пересечения трасс электропроводок с воздуховодами, электропроводка выполнена до монтажа воздуховодов.

Групповые сети освещения и розеточная сеть, выполнена кабелем ВВГнг(А)-LS скрыто на вертикальных участках в штрабах под штукатуркой, на горизонтальных участках скрыто в монолите в гладких ПВХ трубах. Сети освещения и розеточная сеть выполнена трехпроводной: фазный, нулевой рабочий и нулевой защитный проводники.

Описание проектных решений по компенсации реактивной мощности, релейной защите, управлению, автоматизации и диспетчеризации системы электроснабжения

Согласно п.6.33 СП 256.1325800.2016 для потребителей жилых и общественных зданий компенсация реактивной нагрузки, как правило, не требуется.

Релейная защита, автоматизация и диспетчеризация системы электроснабжения в данном проекте не предусматривается.

Перечень мероприятий по экономии электроэнергии

К мероприятиям по экономии электроэнергии относятся:

- применение светодиодных светильников,
- применение светильников с датчиками движения,
- выполнение учета потребляемой электроэнергии во ВРУ электронным счетчиком высокого класса точности СТЭБ-04Н/1-7,5-Р

Сведения о типе, классе проводов и осветительной арматуры, которые подлежат применению при строительстве объекта капитального строительства

Групповые сети освещения здания ледового катка выполнены скрытыми сменяемыми однофазным трехпроводным кабелем марки:

- ВВГнг(А)-FRLS проложенным по стене и в пустотах плит перекрытий: в сетях аварийного освещения;

- ВВГнг(А)- LS проложенным по стене и в пустотах плит перекрытий: в сетях рабочего освещения.

Допустимые отклонения напряжения у осветительных приборов соответствуют ГОСТ 13109-97.

В качестве групповых щитков освещения приняты щиты типа ВРУ8.

Аварийные щиты освещения запитаны от панели ППУ.

Ввод кабельных линий в здание выполнено в ПНД-трубах через отверстия фундамента.

Сигнальная лента в траншее над кабелями выполнена на расстоянии 250 мм от их наружных покровов. При расположении в траншее одного кабеля лента уложена по оси кабеля, при большем количестве кабелей - края ленты выступают за крайние кабели не менее чем на 50 мм.

Описание системы рабочего и аварийного освещения

Для освещения помещений здания ледового катка использованы светодиодные светильники. Рабочее освещение выполнено во всех помещениях здания.

В электрощитовой, в венткамерах, в индивидуальном тепловом пункте, установлены понижающие трансформаторы типа ЯТП-250 для профилактических работ на напряжения 12В.

В коридорах установлены световые указатели направления выхода марки EFS 193 с пиктограммой эвакуационно-указательной «Выход налево» ПЭУ-001, "Выход направо" ПЭУ-002, "Выход" ПЭУ-010. Световые указатели размещены над дверями по путям эвакуации в направлении выхода из здания, которые включены в течение всего времени пребывания людей в здании.

Групповые сети выполнены кабелем сечением $3 \times 1,5 \text{ мм}^2$ - в осветительной сети, $3 \times 2,5 \text{ мм}^2$ - в розеточной сети. Проходы кабелей групповых линий через стены проложены в отрезках труб ПВХ с уплотнением.

Для защиты групповых линий, питающих штепсельные розетки для переносных электрических приборов (бытовые розетки) в ЩО - установлены УЗО с номинальным током срабатывания не более 30 мА.

Светильники аварийного освещения выделяются из числа светильников рабочего освещения. В коридорах предусмотрено аварийное освещение. В рабочее время аварийное освещение использовано в качестве рабочего освещения, вне рабочего времени - в качестве дежурного (охранного) освещения [4].

Переносное освещение напряжением 12В предназначено для профилактических осмотров; питание сети 12В - через ящики с понижающим трансформатором типа ЯТП-0,25-23У3-IP54.

Проектом предусмотрены следующие виды освещения: рабочее, аварийное (антипаническое, эвакуационное), дежурное освещение.

Также освещение безопасности присутствует в электрощитовой, индивидуальном тепловом пункте.

Аварийное освещение путей эвакуации в помещениях предусмотрено по маршрутам эвакуации: в коридорах и проходах по маршруту эвакуации; в местах изменения (перепада) уровня пола, в зоне каждого изменения направления маршрута; при пересечении проходов и коридоров; перед каждым эвакуационным выходом. В проекте используются светильники аварийного антипанического и эвакуационного освещения со встроенными аккумуляторными батареями ES1.

Управление освещением выполнено выключателями, устанавливаемыми в освещаемых помещениях. Для сырых и влажных помещений выключатели установлены вне помещения. Управление освещением тамбуров и коридоров выполнено при помощи датчика движения, встроенного в светильник [3].

Все светильники аварийного освещения приняты со встроенной аккумуляторной батареей. При прекращении основного электропитания, при пожаре, аварии и других чрезвычайных ситуациях аварийное освещение автоматически переключается на питание от автономного источника, а также при срабатывании соответствующей сигнализации или вручную, если сигнализации нет или она не сработала. Управление эвакуационным освещением лестничных клеток, коридоров, световыми указателями "Выход" выполнено со щитков аварийного освещения [5].

Светильники аварийного освещения EFS193 на путях эвакуации с автономными источниками питания обеспечены устройствами для проверки их работоспособности при имитации отключения основного источника питания. С помощью устройства TELEMANDO выполнен контроль и управление аварийным освещением. Контроль аварийным освещением заключается в имитации включения аварийного режима для проверки работоспособности светильников и устранения неполадок, если таковые имеются. Управление заключается в отключении аварийного режима в случае необходимости (выходные дни, ремонт, реконструкция и т.п.) при штатном отключении электроэнергии. Ресурс работы автономного источника питания обеспечивает аварийное освещение на путях эвакуации в течение 1 часа, достаточного для эвакуации людей в безопасную зону. Электрические выключатели и розетки расположены на высоте 0,8 м, доступной для инвалидов.

Список литературы

- 1 Кудрин, Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий / Б.И. Кудрин. - М.: Интермет Инжиниринг, 2012.
- 2 Талапов В.В. Основы BIM. Введение в информационное моделирование зданий. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 322 с.
- 3 Правила устройства электроустановок (ПУЭ), 7-е издание, перераб. и доп., с изменениями. М.: Министерство энергетики РФ, 2003г.
- 4 Радкевич, В.Н. Электроснабжение промышленных предприятий / В.Н. Радкевич, В.Б. Козловская, И.В. Колосова // Учеб. пособие — Минск : ИВЦ Минфина, 2015.
- 5 СП 31-112-2007 (3) «Физкультурно-спортивные залы. Часть 3. Крытые ледовые арены» 2008. – 54 с.

ОСНОВЫ РАСЧЕТА СИСТЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗДАНИЯ С АВТОМАТИЗИРОВАННЫМ ИНДИВИДУАЛЬНЫМ ТЕПЛОВЫМ ПУНКТОМ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Подъячев А.В., Тиканов А.А.

Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ОГУ

Установка автоматизированного индивидуального теплового пункта для подключения к тепловой сети здания социального назначения производится с целью повышенной эффективности процесса жизнеобеспечения. При этом приготовление горячей воды будет максимально приближено к месту ее распределения с потреблением. При этом повысится эффективность качественного регулирования расходом тепловой энергии на отопление.

Упростится узел учета, фиксирующий уровень потребления тепловой энергии и улучшится обслуживание абонентов.

Для этого необходимо:

- Выполнить анализ научной литературы и документации;
- Определить тепловую нагрузку рассматриваемого объекта;
- Осуществить расчет принципиальной тепловой схемы и выбор оборудования;
- Запроектировать общий узел коммерческого учета тепловодопотребления;
- Предусмотреть САР и САУ оборудования индивидуального теплового пункта в объеме требований СП 41-101-95 [15];
- Предусмотреть установку автоматизированной системы регулирования параметров рабочей среды в системах ОВК и ГВС;
- Произвести экономический расчет проекта;
- Рассмотреть вопросы безопасности жизнедеятельности.

При применении схемы АСУ индивидуального теплового пункта, возможно снижение теплотребления рассматриваемого объекта, установление качественно новых экономических отношений между производителем и потребителем тепловой энергии, повышение качества теплоснабжения.

Расчет системы отопления производится в нижеприведённой последовательности.

1). Расчет теплотехнический по наружным ограждениям:

- определение для ограждающих конструкций объекта в Оренбурге термического сопротивления;
- определение величины базового слоя теплоизоляции;
- уточнение действительного термического сопротивления вместе с коэффициентом теплопередачи для ограждающих конструкций. объекта

2). Определение тепловых потерь здания:

- составление теплового баланса здания и определение тепловой мощности системы отопления;
- тепловые потери через конструкции ограждения;
- тепловые потери на нагрев воздуха инфильтрации;

–теплопоступление от бытовых источников.

3). Расчет количества секций нагревательных приборов:

–вычисление отопительной площади прибора по поверхности;

– определение отличия осреднённой температуры воды в радиаторе с температурой в помещении;

–вычисляем число секций радиатора.

4). Гидравлическая часть расчета системы отопления:

– определение гидравлических потерь напора на трение по длине и местное для простого участка трубы, где расход воды постоянный и не меняется диаметр;

– учет потерь напора в местных сопротивлениях.

5). Вычисление расхода за год тепла на ОВК и ГВС

6). Схема присоединения к теплосетям, обозначение теплотехнических объектов.

8) Расчет теплотехнических объектов системы теплоснабжения:

–Элеватор;

–Центральный тепловой пункт.

Пример характеристики наружных сетей и внутренних систем инженерного оборудования.

Система теплоснабжения принята двухтрубная по зависимой схеме с установкой на абонентском вводе узла управления, в котором располагаются контрольно-измерительные приборы.

Способ регулирования отпуска тепла - качественный, в качестве теплоносителя используется перегретая вода с $T = 130 - 70^{\circ}\text{C}$.

Наружная сеть теплотрассы прокладывается из электросварных, термически обработанных труб по ГОСТ 10705-80 из стали по ГОСТ 1050-88 в непроходных обработанных каналах по серии 3.006.1-8.

Компенсация тепловых удлинений осуществляется углами поворота трассы и компенсаторами.

Горячее водоснабжение от ЦТП микрорайона.

Проектом принято:

–а) расчетные параметры теплоносителя в системе отопления $95-70^{\circ}\text{C}$

–б) система отопления - однетрубная, тупиковая, с разводкой, подающей и обратной магистралью по техподполью.

–в) нагревательные приборы - чугунные радиаторы типа МС 140М

–На приборах отопления установлены терморегуляторы.

–Для спуска воздуха из системы на каждом стояке установлены воздухопускные краны.

Для опорожнения системы от воды предусмотрены спускные краны в тепловом узле и на стояках.

Приведём последовательность расчёта системы ОВК.

Расчет включает этапы

– Расчет теплотехнический по наружным ограждениям;

– Определение тепловых потерь здания;

– Расчет количества секций нагревательных приборов;

- Гидравлическая часть расчета системы отопления;
- Вычисление расхода за год тепла на ОВК и ГВС;
- В зависимости от схемы присоединения к теплосети, обозначение теплотехнического объекта;

- Расчет теплотехнического объекта системы теплоснабжения.

Необходимая мощность СОВК определяется по формуле 1.

Отопительная система проектируется так, чтобы восполнять потери теплоты через ОК.

Тепловая мощность системы отопления, вычисляется по формуле:

$$Q_{с.о.} = Q_{огр} + Q_{инф} - Q_{быт} \quad (1)$$

где $Q_{огр}$ – тепловые потери через ограждающие конструкции;

$Q_{инф}$ – тепловые потери на нагрев инфильтрации,

$Q_{быт}$ – тепловые потери от источников в быту,

Расчёт теплового пункта сводится к подбору теплообменников и насосов.

Приведём этапы теплового и гидравлического расчёта ИТП.

Сначала определяется максимальный часовой расход горячей воды, $\frac{м^3}{ч}$, по формуле:

$$q_{hr} = 0,005 \cdot q_{0,hr} \cdot \alpha_{hr}, \quad (2)$$

где α_{hr} – коэффициент определяемый в зависимости от числа приборов N , обслуживаемых проектируемой системой и вероятности их использования P_{hr} ,

$q_{0,hr}$ – часовой расход воды санитарно-техническим прибором,

$$P_{hr} = \frac{3600 P q_0}{q_{0,hr}},$$

где q_0 –секундный расход воды.

Далее рассчитывается максимальный тепловой поток на нужды ГВС:

$$Q_{hr}^h = 1,16 \cdot q_{hr}^h \cdot (55 - t^c) + Q_{сис.}^{ht}, \quad (3)$$

где t^c –температура холодной водопроводной воды,

q_{hr}^h –максимальный часовой расход воды на горячее водоснабжение,

$Q_{сис.}^{ht}$ – тепловые потери системы ГВС, определяемые по формуле:

$$Q_{сис.}^{ht} = 1,5 \cdot Q_{под}^{ht}. \quad (4)$$

Затем определяется соотношение расчетных максимальных тепловых потоков на горячее водоснабжение и отопление:

$$r = \frac{Q_{hr}^h}{Q_{0max}} ; \quad (5)$$

При наличии нормального графика регулирования отпуска тепла принимаем для расчета 2-х ступенчатую, смешанную схему включения водонагревателей. Согласно требованиям, предусматривается установка пластинчатых теплообменников в ИТП в два потока по 50 % тепловой производительности каждый.

Рассмотрим основные формулы теплового расчета пластинчатых теплообменников

Температура водопроводной воды после I ступени ТО:

$$t_1^h = \tau_2^l - 10 . \quad (6)$$

Теплопроводность I ступени ТО:

$$Q_I^h = q_{hr}^h \cdot (t_1^h - t^c) \cdot 1,16 . \quad (7)$$

Теплопроводность II ступени ТО:

$$Q_{II}^h = Q_{hr}^h - Q_I^h . \quad (8)$$

Расход воды на ГВС:

$$G_h^c = \frac{Q_{II}^h}{1,16 \cdot (t_1 - t_2^l)} . \quad (9)$$

Расход сетевой воды на отопление:

$$G_{0max} = \frac{Q_{0max}}{1,16 \cdot (\tau_{ex} - \tau_{вх})} . \quad (10)$$

Суммарный расход сетевой воды на 1 поток:

$$G_{\Sigma} = G_h^c + G_{0max} . \quad (11)$$

Температура сетевой воды на выходе из I ступени теплообменника:

$$\tau_{2T} = \tau_2^l - \frac{Q_I^l}{1,16 G_e} , \quad (12)$$

где τ_2^{II} -температура воды на выходе из II ступени теплообменника.

Согласно расчёту подбирается оборудование систем отопления, ГВС и вентиляции, а также, ИТП

Ниже приведены три рекомендуемые технологические схемы для ИТП.

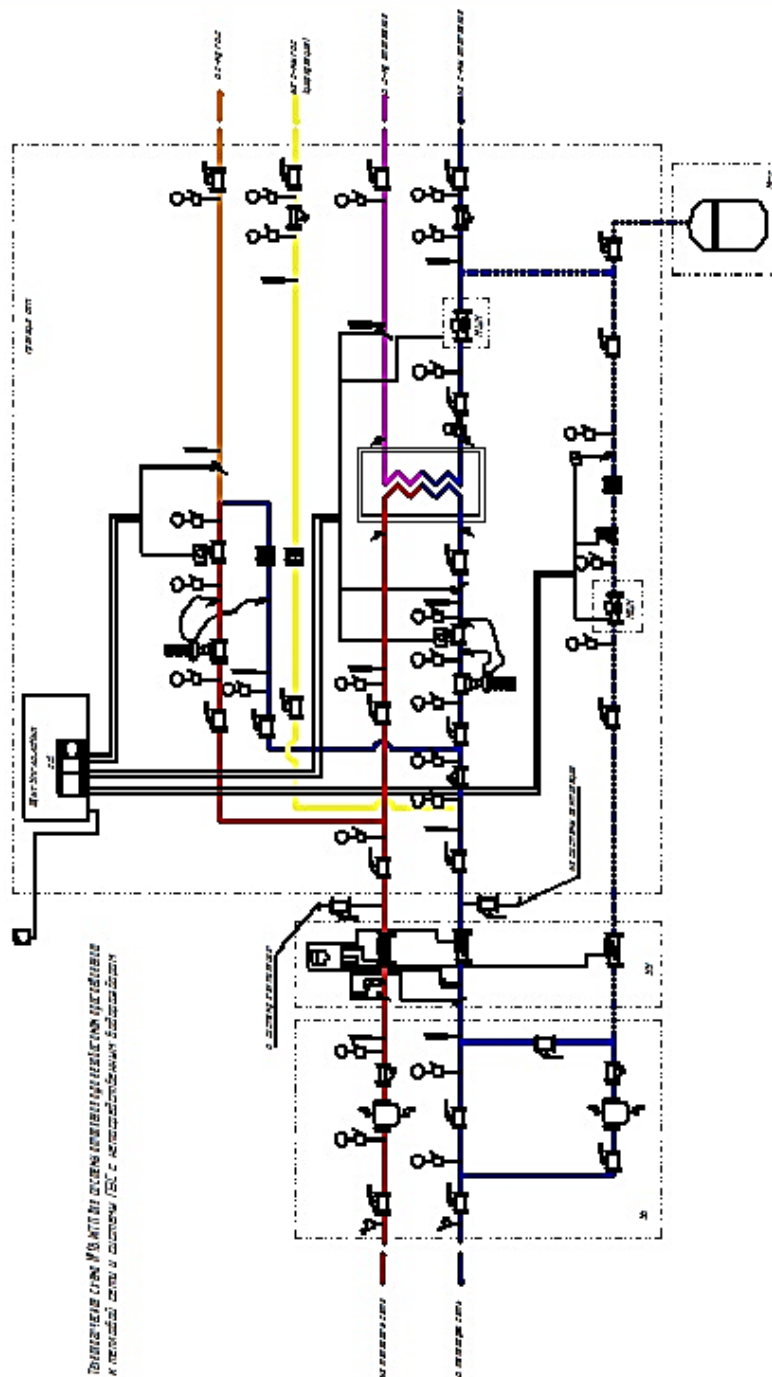


Рисунок 1–Технологическая схема. ИТП для системы отопления при независимом присоединении к тепловой сети и системы ГВС с непосредственным водоразбором.

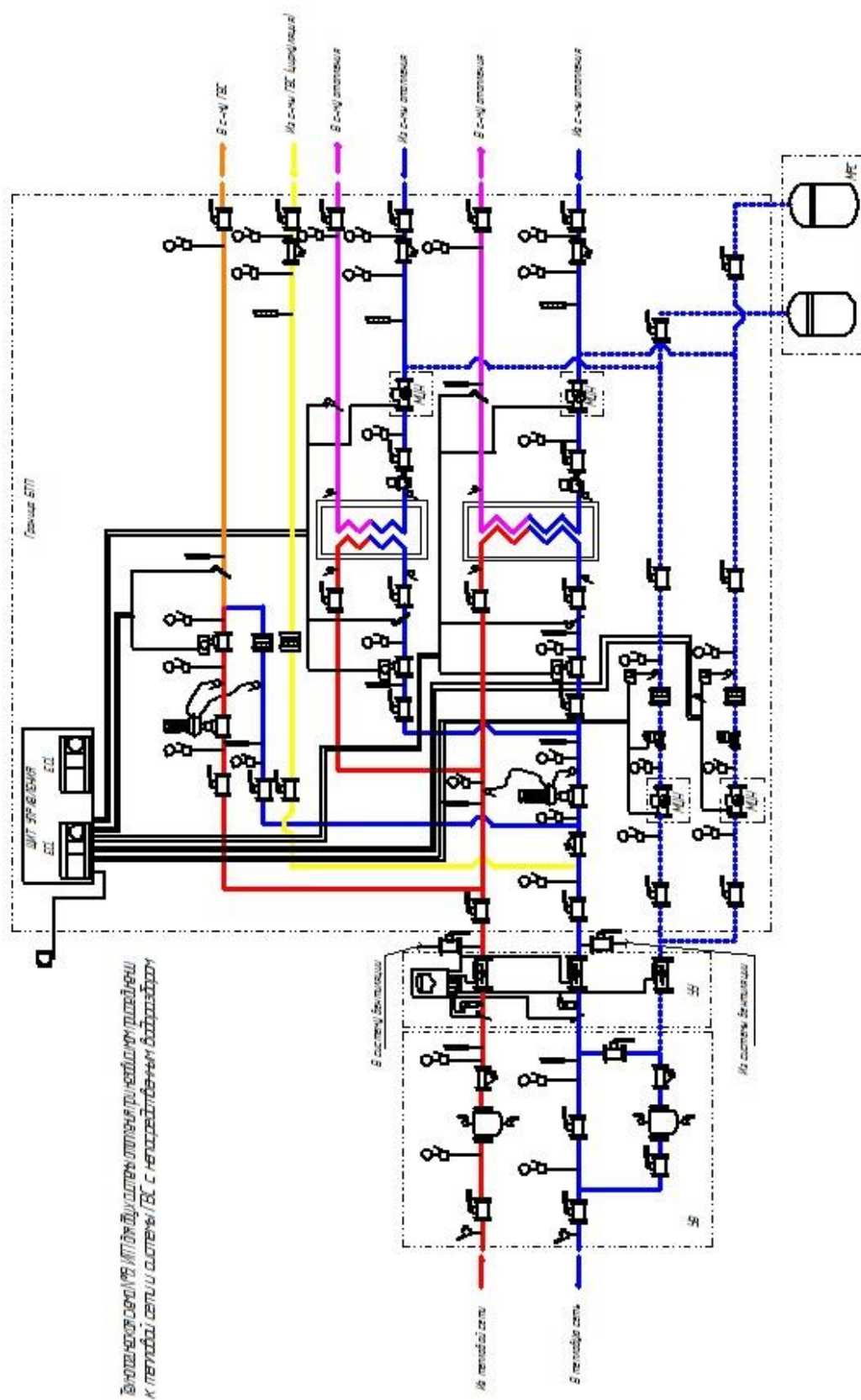


Рисунок 2—Технологическая схема ИТП для двух системы отопления при независимом присоединении к тепловой сети и системы ГВС с непосредственным водоразбором

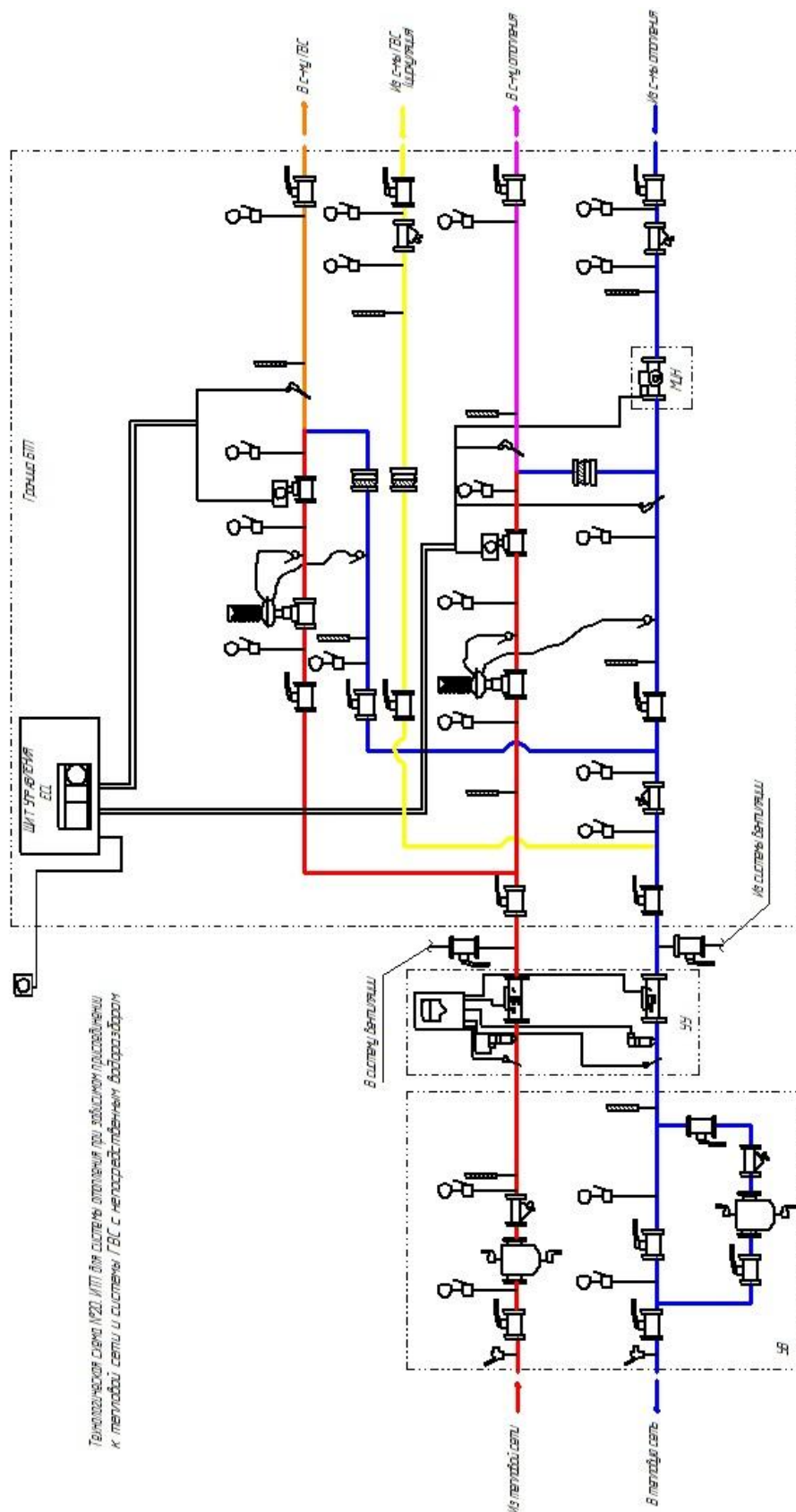


Рисунок 3—Технологическая схема №20. ИТП для системы отопления при зависимом присоединении к тепловой сети и системы ГВС с непосредственным водоразбором.

Список литературы

1. Горденко В.С. Система поквартирного теплоснабжения многоквартирного жилого дома //АВОК.- 2005,- №1.- с. 38-41.
2. Грановский В.Л, Прижижецкий С.И. Система отопления жилых зданий массового строительства и реконструкции с комплексным автоматизированием теплопотребления //АВОК. –2002. –№5, –с. 66-69.
3. Грачев Ю.Г. Экономическая эффективность учета степени утепления зданий при резервировании тепловых сетей //Изв. вузов. Строительство и архитектура. –2000, –№ 6. –274с. 87-88.
4. Гришин А.П. Резервы экономии электроэнергии на ЦТП //Энергосбережение. –2007. –8. –с.32.

МЕТОДЫ АНАЛИЗА И МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРЕПОДАВАНИИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

Посягина Т.А., канд. пед. наук
Кумертауский филиал
Оренбургского государственного университета

Дисциплина «Электротехническое и конструкционное материаловедение» относится к базовой части блока «Дисциплины» ФГОС ВО направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника программы академического бакалавриата. Принимая во внимание сложность данной технической дисциплины, в процессе ее преподавания мы предлагаем опираться на методологические критерии научности познания: внутренней согласованности и непротиворечивости, системности, объективности и наглядности[3]. Этим критериям соответствует модель или парадигма многоуровневой организации материи и вещества, демонстрирующая единство принципов материального мира и диалектики его развития. Согласно исследованиям О.С. Сироткина [4; 5; 6], в основе её структурно-логический анализ учебного материала: трёхуровневая классификация строения металлических и неметаллических материалов, конечные свойства материала при этом определяются вкладом всех уровней структурной организации его образующих. Подчеркнем, что в этой модели именно электронно-ядерная (или по сути химическая) является единой или универсальной и для металлов и неметаллов. В результате она является исходной (базовой) для других уровней, определяющей теоретически возможный максимум физико-механических свойств (электрических, механических и т.д.) любого материала.

Прежде всего полупроводник – это материал, который по своей удельной проводимости занимает промежуточное место между проводниками и диэлектриками и отличается от проводников сильной зависимостью удельной проводимости от концентрации примесей. Это наглядно видно из следующих простых подсчетов увеличения электронов (или дырок) в результате легирования в чистый полупроводник небольшого количества примесей. В одном кубическом сантиметре германия без примесей имеется 10^{13} свободных электронов, освободившихся при комнатной температуре от своих атомов. Всего же атомов германия в единице объема 10^{23} . Если же ввести в такой германий донорную примесь - мышьяк или фосфор так, чтобы один примесный атом приходился на 10^7 атомов германия, то в кубическом сантиметре германия атомов примесей будет $10^{23} : 10^7 = 10^{16}$. Так как у каждого атома примеси имеется один лишний электрон, то в полупроводнике окажется 10^{16} свободных электронов. Процентное содержание примесных атомов весьма невелико:

$$(10^{16} : 10^{23}) \cdot 100 = 0,00001\%,$$

Что трудно даже аналитически установить, а содержание электронов стало больше в тысячу раз:

$$10^{16} : 10^{13} = 1000.$$

Поэтому в полупроводниках очень малое количество введенной примеси может сильно изменить их электрическое сопротивление. Далее остановимся более подробно на методике расчета массы легирующих добавок в полупроводниках, в зависимости от заданного удельного сопротивления.

Числовым примером может служить задача, где по условию задан кристалл германия n-типа массой 50 г с удельным сопротивлением 0,01 Ом·м, который нужно превратить в кристалл p-типа с удельным сопротивлением 0,02 Ом·м. При этом требуется определить, какое количество галлия нужно ввести в этот кристалл? Следует считать, что все атомы галлия ионизированы и каждый атом примеси, первоначально имевшийся в кристалле, будет нейтрализован атомом галлия.

Сначала определим первоначальную концентрацию донорной примеси в полупроводнике [7]:

$$\gamma_- = q_e n_- u_-;$$

где $\gamma = \frac{1}{\rho}$ - удельная электропроводность;

отсюда:

$$\frac{1}{\rho_1} = q_e n_- u_-;$$

Первоначальная концентрация донорной примеси в полупроводнике:

$$n_- = \frac{1}{\rho_1 u_- q_e};$$

$$n_- = \frac{1}{0,01 \text{ Ом} \times \text{м} \times 0,39 \text{ м}^2 / \text{Вс} \times 1,6 \times 10^{-19} \text{ Кл}} = 1,6 \cdot 10^{21} \text{ м}^{-3}.$$

Затем определим удельную примесную проводимость кристалла германия при наличии двух типов примесей по формуле:

$$\frac{1}{\rho_2} = q_e (n_+ - n_-) u_+;$$

Поскольку по условию задачи требуется получить кристалл p-типа, отсюда:

$$(n_+ - n_-) = \frac{1}{\rho_2 u_+ q_e};$$

Конечная концентрация акцепторной примеси в полупроводнике, с учетом взаимной ионизации примесей:

$$(n_+ - n_-) = \frac{1}{0,020 \text{ м} \times \text{м} \times 0,19 \text{ м}^2 / \text{Вс} \times 1,6 \times 10^{-19} \text{ Кл}} = 1,64 \cdot 10^{21} \text{ м}^{-3}.$$

Одновременно определяем концентрацию галлия Ga:

$$n_+ = 1,64 \cdot 10^{21} \text{ м}^{-3} - 1,6 \cdot 10^{21} \text{ м}^{-3} = 0,04 \cdot 10^{21} \text{ м}^{-3}$$

Здесь же определяем число атомов галлия Ga, добавленных в кристалл кремния Ge:

$$n_+ = \frac{N}{V};$$

где V – объем кристалла германия Ge, в который добавляют примесь галлия Ga, атомы которого равномерно распределены по кристаллу. Исходя из табличного значения плотности германия Ge [7] и массы, заданной в задаче, определяем его объем:

$$V = \frac{m}{\rho};$$

численное значение:

$$V = \frac{5 \times 10^{-2} \text{ кг}}{5,3 \times 10^3 \text{ кг} / \text{м}^3} = 9,4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Наряду с этим число атомов галлия Ga, добавленных в кристалл кремния Ge будет равно:

$$N = n_+ \cdot V;$$

численное значение:

$$N = 0,04 \cdot 10^{21} \text{ м}^{-3} \cdot 9,4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 = 3,76 \cdot 10^{14}.$$

Наконец определяем массу галлия Ga, которую необходимо ввести в кристалл кремния по формуле:

$$m(\text{Ga}) = \frac{N \times M(\text{Ga})}{N_A};$$

числовые значения:

$$m(\text{Ga}) = \frac{3,76 \times 10^{14} \times 70 \times 10^{-3} \text{ кг} / \text{моль}}{6,02 \times 10^{23} \text{ моль}^{-1}} = 4,4 \cdot 10^{-11} \text{ кг}.$$

Полученный результат позволяет проанализировать зависимость электрических свойств полупроводника от микроскопических количеств примесей, так достаточно ввести $4,4 \cdot 10^{-11}$ кг галлия в кристалл германия n-типа массой 50 г с удельным сопротивлением 0,01 Ом·м чтобы превратить его в кристалл p-типа с удельным сопротивлением 0,02 Ом·м, таким образом изменить его проводимость. В конечном счете процесс легирования полупроводников является определяющим при производстве полупроводниковых приборов и интегральных микросхем - это в первую очередь относится к германию и кремнию, но затрагивает и другие соединения (Ge, GaAs, InP, InSb).

В заключение, как видно из работ исследователей [1; 2; 7], современное материаловедение как наука о структуре и свойствах различных материалов, существенно модернизируется за счёт интеграции физики твёрдого тела, химии и технологии неорганических веществ. Поэтому одну из главных методических проблем преподавания дисциплины выделяют как необходимость структурной, наглядной, корректной и достаточно простой демонстрации фундаментального единства и специфики в структуре и свойствах материалов путём рассмотрения следующей логической цепочки: состав - тип связи - строение - свойство материала, соответствующей парадигме многоуровневой организации материи и вещества.

Список литературы

1. Богодухов С.И., Курс материаловедения в вопросах и ответах / С.И.Богодухов, В.Ф.Гребенюк, А.В.Синюхин: Учебное пособие. – М.: Изд-во «Машиностроение», 2005. – 288 с.
2. Иванова С.Н., Новый единый подход к моделированию структуры и свойств металлических и неметаллических материалов / С.Н.Иванова, О.С.Сироткин, Р.О.Сироткин, А.М.Трубачева, П.Б.Шибяев, А.В.Калашников: Тез. докл. материалов XII Межд. симпоз. МАИ «Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошн. сред». – М. Изд-во МГУ, 2006. – С. 167-169.
3. Посягина, Т.А. Формирование системных познавательных умений студентов технического вуза: дис...канд. пед. наук: 13.00.08 : защищена 16.12.09 : утв. 28.05.10 / Посягина Татьяна Александровна. – Уфа, 2009. – 165 с.
4. Сироткин О.С., Сироткин Р.О., Моделирование структуры и свойств металлических и неметаллических материалов в рамках парадигмы их многоуровневой организации /О.С. Сироткин, Р.О.Сироткин: Научные труды Всероссийского совещания материаловедов России. – Ульяновск: Ул. ГТУ, 2006. – 200 с.

5. Сироткин О.С., Введение в материаловедение (Начала общего материаловедения): учебное пособие. 2-е изд., доп. /О.С.Сироткин. – Казань: КГЭУ, 2004. – 212 с.

6. Сироткин О.С., Фундаментальные и методические аспекты преподавания материаловедения как единой дисциплины о металлических и неметаллических материалах /О.С.Сироткин: Научные труды Всероссийского Сопещения материаловедов России. - Ульяновск: УГТУ, 2006. – С. 38-41.

7. Таиров, Ю. М. Технология полупроводниковых и диэлектрических материалов: учебник для вузов / Ю. М. Таиров, В. Ф. Цветков.- Санкт-Петербург: Лань, 2002. - 424 с.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ НАРУЖНЫМ ОСВЕЩЕНИЕМ ПАРКОВОЙ ЗОНЫ

**Сабитов Р.М., Семенова Н.Г., д-р пед. наук, профессор
Оренбургский государственный университет**

Современные сети наружного освещения (НО) представляют собой достаточно энергоемкие объекты. В работе [1] отмечено, что согласно оценке Международного энергетического агентства, 19% всей потребляемой в мире электроэнергии приходится на освещение, использование современных световых технологий делает возможным экономить до 40% потребляемой электроэнергии (106 млрд евро в мировом масштабе). Согласно работе [2] траты на электроэнергию в сетях наружного освещения населенных пунктов составляют 30% от всех затрат на освещение, а с учетом дополнительных затрат на обслуживание сетей освещения, занимают одно из ключевых мест в структуре затрат муниципальных бюджетов.

Согласно федеральному закону [3] вопросы энергосбережения и повышения энергетической эффективности являются приоритетными направлениями развития электроэнергетики Российской Федерации, поэтому разработка энергоэффективных систем управления наружным освещением парковой зоны является актуальной и значимой задачей.

Анализ работ [4, 5] позволил выявить следующие подходы к повышению энергоэффективности систем НО:

- применение энергоэффективных источников света;
- внедрение систем автоматического регулирования НО;
- использование энергоресурсосберегающих технологий в сфере НО.

Перед рассмотрением каждого из вышеназванных подходов, проанализируем нормативные документы к искусственному освещению территорий парковой зоны.

Согласно пункту 7.34, таблицы 14 СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение» [6] средняя горизонтальная освещенность территорий общегородских парков должна соответствовать следующим значениям:

- главные входы – 6 лк;
- вспомогательные ходы - 6 лк;
- центральные аллеи – 4 лк;
- боковые аллеи – 2 лк;
- площадки массового отдыха, площадки для настольных игр – 10 лк.

Согласно пункту 7.75 таблице 26 СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение» [7] площадки посадочные, детские и отдыха относятся к классу П2, нормируемые показатели не менее 10 лк и $E_{\text{мин}}/E_{\text{ср}}$ не менее 0,3. Главные и вспомогательные входы парков, санаториев соответствуют классу П3, нормируемые показатели не менее 6 лк и $E_{\text{мин}}/E_{\text{ср}}$ не менее 0,2. Боковые аллеи и

вспомогательные входы парков административных округов относятся к классу П6, нормируемые показатели не менее 1 лк и $E_{\min}/E_{\text{ср}}$ не менее 0,1.

1) Энергоэффективные источники света.

Ртутные лампы высокого давления (РЛВД) на данный момент почти полностью вытеснены натриевыми и металлогалогенными лампами высокого давления (НЛВД, МГЛ). В настоящее время к группе современных энергоэффективных источников света относят сверхяркие белые светодиоды (СБС). Светодиодные источники света – молодое, быстро прогрессирующее направление в светотехнике.

На рисунке 1 представлен график, показывающий светотдачу источников света, применяемых в наружном освещении. График основан на материалах фирмы OSRAM в редакции О. Т. Зотина, Н. О. Морозовой [5].

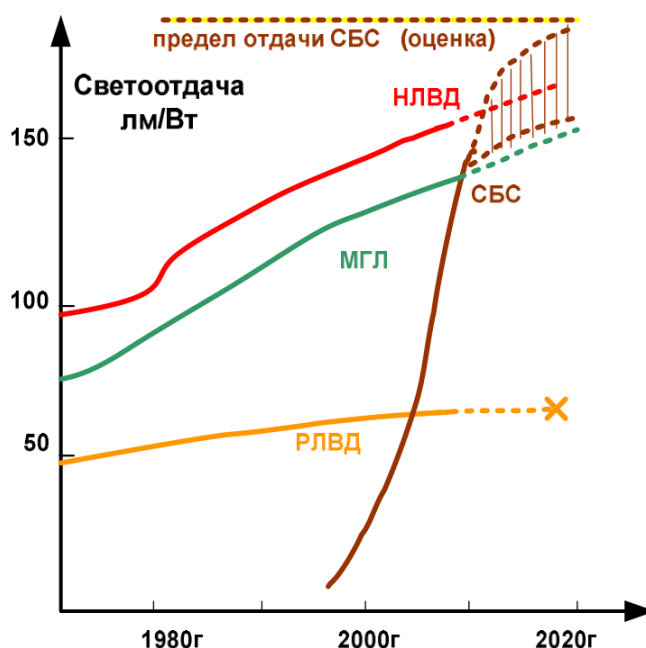


Рисунок 1 – Светотдача источников света, применяемых в НО

Из графика видно, что наиболее перспективными в области светотдачи среди источников света являются светодиодные источники света.

2) Внедрение систем автоматического регулирования НО.

На основе анализа работ [4, 8] была выделена следующая классификация систем автоматического управления систем НО:

- управление системой НО по заранее заданному графику;
- управление системой НО по данным датчиков;
- интеллектуальная система управления.

Управление системой НО по заранее заданному графику. Наиболее простой способ управления сетями НО. Отключение и включение осветительных приборов осуществляется согласно заранее заданному графику. График составляется, опираясь на астрономические наблюдения или по критериям

приоритетным для данной сети освещения. Достоинствами данного способа управления является простота разработки алгоритма управления, отсутствие затруднений при расширении сети НО. Недостатком является недостаточная гибкость системы в случае несоответствие внешних условий с заданным графиком, отсутствие обратной связи.

Управление системой НО по данным датчиков. В данной системе в качестве управляющего сигнала используются данные, полученные с датчиков движения и/или освещенности. Система лишена таких недостатков как отсутствие гибкости управления и обратной связи, присущих системе управления по заданному графику.

Интеллектуальная система управления. В отличие от предыдущей системы, использующей жесткие алгоритмы управления, осуществляет управление посредством искусственного интеллекта. Система управления эффективна при большом количестве критериев управления, способна адаптироваться к новым условиям окружающей среды и расширению сети НО.

Интеллектуальная система управления является наиболее перспективной, однако на данный момент мало распространена.

В связи с увеличением аппаратной части и усложнением разработки алгоритма управления возрастает стоимость сетей НО с управлением от датчиков или интеллектуальной системой управления.

Нами было проанализировано готовое технологическое решение компании ОАО «Энергосервисная компания Тюменьэнерго» по созданию интеллектуальной системы управления уличным и внутренним освещением [8]. Каждый светильник комплектуется ЭПРА с чипом. Программирование чипа, позволяет осуществлять управление светильником по данным датчиков освещенности, присутствия, движения. Технология может быть применена для всех видов светильников, кроме светильников с лампами накаливания. Эффект от внедрения: экономия электроэнергии до 60%, срок окупаемости 3-5 лет, гибкое управление. Проект реализован в торговой сети TESCO в Чехии, Словакии: внедрена на 70 объектах, экономия 23-55%, срок окупаемости 1-3 года. Во время испытаний проводимых в России удалось добиться потребления светильником с лампой ДНаТ-150 и запрограммированным ЭПРА 106 Вт, что меньше светодиодного светильника «Кобра-400», потребляющим 120 Вт. Таким образом, не смотря на большие начальные вложения, сети НО с управлением от датчиков или интеллектуальной системой управления являются эффективными и достаточно быстро окупаются.

3) Энергоресурсосберегающие технологии в сфере НО.

На сегодняшний день в разных городах мира используется большое множество различных систем наружного освещения. В связи с отсутствием жестких требований к построению системы управления наружного освещения и большому числу потенциальных вариантов, высока вероятность выбора системы с низкими технико-экономическими характеристиками. Каким же вариантам стоит отдавать предпочтение? В 2009 г. были проведены сравнительные технико-экономические расчеты применяемых и перспективных энергоресурсосберегающих решений в сфере НО. Результаты расчета

представлены в [5], также некоторые уточнения представлены в [10]. Кратко проанализируем данное исследование.

В своем исследовании О. Т. Зотин, Н. О. Морозова [5] выделяют несколько групп энергоресурсосберегающих решений (технологий) в сфере НО.

К первой относится традиционное пофазное отключение светильников и более совершенный вариант данного решения с двойным количеством светильников на опоре. Установка на опорах удвоенного количества светильников способна обеспечить равномерное распределение света во время отключения части светильников, также данное решение подкупает своей простотой. Однако плюсы данного решения перечеркиваются высокой стоимостью монтажа и эксплуатации.

Ко второй группе решений были отнесены технологии, обеспечивающие групповое управление путём регулирования общего выходного напряжения линий освещения. Для данного решения наиболее широко применяется вариант, при котором управление, осуществляется переключением обмоток автотрансформатора симисторами или контакторами.

К третьей группе авторы относят решения, использующие управляемые ЭлПРА в светильниках. Данное решение обеспечивает наибольший процент экономии электроэнергии, до 40-45%. Использование ЭлПРА позволяет задействовать все резервы по повышению энергоэффективности, однако являются функционально сложным из-за чего сложно добиться высокой надежности и низкой стоимости.

К четвертой группе отнесены решения с применением СБС. СБС превосходят ЛВД по сроку службы и возможности управления (в частности характеристике диммирования), однако имеют более высокую стоимость.

Оценивая эффективность энергоресурсосберегающих решений сети наружного освещения О. Т. Зотин, Н. О. Морозова рассматривали затраты каждого варианта в течение расчетного периода в 6 лет. Расчет производился на участке системы наружного освещения, длиной 8,2 км, который включает в себя 382 светильника. Сравнение вариантов происходило по их чистому дисконтируемому доходу, ставка дисконтирования 20%.

По результатам расчета авторами были сделаны следующие выводы:

- 1) Лучшими характеристиками обладает группа с управляемыми ЭлПРА.
- 2) Группа с СБС уступает второй группе по экономическому критерию, в связи с большей стоимостью светильников.

Важной характеристикой светильников, используемых в сети НО парковой зоны, является внешний вид светильников. В парковой зоне, часто используется архитектурно-художественная подсветка, что требует использование компактных светильников сложной формы. Лучшего всего с подобной задачей способны справиться светодиодные светильники. Модельный ряд светодиодных светильников настолько широк, что позволяет подобрать подходящий по форме и размеру вариант, при этом, не жертвуя величиной освещенности.

Таким образом, разработка автоматизированной системы управления наружным освещением парковой зоны с использованием методов искусственного

интеллекта и светодиодных светильников в настоящее время является наиболее перспективной.

Список литературы

1. Энергосбережение. Световые решения для всех сфер применения. Philips. [Электронный ресурс] – Режим доступа - <https://shop220.ru/pdf/?id=742>
2. Энергоэффективная система управления муниципальным освещением, Сапронов А.А., Никуличев А.Ю., [Электронный ресурс] – Режим доступа - <http://www.energsovet.ru/stat573.html>
3. Федеральный закон №261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», от 23.11.2009.
4. Валиуллин, К. Р. Анализ способов управления уличным освещением по различным критериям [Электронный ресурс] / К. Р. Валиуллин // Электроэнергетика глазами молодежи : науч. тр. V междунар. науч.-техн. конф., 10-14 нояб. 2014 г., Томск / Мин-во науки и образования РФ, Томск. политехн. ун-т. - Электрон. дан. - Томск, 2014. - Т. 2. - С. 275-279. . - 5 с.
5. О. Т. Зотин, Н. О. Морозова. Анализ эффективности управления энергосбережением в наружном освещении // Современная светотехника. 2010. № 2.
6. СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение»
7. СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение»
8. Валиуллин К. Р., Семенова Н. Г. Анализ существующих систем управления уличным освещением. Энергетика, электромеханика и энергоэффективные технологии глазами молодежи: сборник трудов Российской молодежной научной конференции. В 2 т. Т. 2 / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во ООО «СКАН», 2013. – с 64-69.
9. Интеллектуальная система управления уличным и внутренним освещением на основе диммирования. [Электронный ресурс] – Режим доступа - <http://www.energsovet.ru/entech.php?idd=149>.
10. О. Зотин. [Управление освещением открытых пространств](#) // Полупроводниковая светотехника. 2014. № 1–3.

О ВЫБОРЕ СИСТЕМЫ ЕДИНИЦ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЭЛЕКТРОМЕХАНИКОВ

**Саликов М.П., канд. техн. наук, доцент, Ямансарин И.И. канд. техн. наук
Оренбургский государственный университет**

На вопрос к аудитории: «Какова плотность меди?» студенты четвёртого курса надолго задумались и промолчали.

А какова плотность железа, алюминия? – Тоже молчание.

Но ведь из этих материалов строят электрические машины и аппараты. От выбора этих и других материалов зависит их удельная мощность, энергоэффективность и конкурентоспособность!

Какова плотность воды, водорода, трансформаторного масла и почему эти вещества используют для охлаждения электрических устройств? - нет ответа!

Показываю медную проволоку длиной около метра и диаметром в 1 мм. Спрашиваю, какое может быть, по вашему мнению, электрическое сопротивление этого проводника электрического тока?

Все молчат. Через минуту размышлений лишь один студент неуверенно произнёс: «Около сотни Ом».

А о соотношении удельных электрических сопротивлений меди и графита никто даже не догадывается, но при таком незнании как-то в своё время умудрились спроектировать коллекторно-щёточный узел машины постоянного тока. Опрос студентов показал, что, по их мнению, главное отличие графита от других материалов, позволяющее использовать его в качестве электрических щёток,- это его «скользкость».

Ну как при таком невежестве и узком кругозоре можно в будущем ждать от таких студентов прорывных технических решений или просто грамотного применения материалов?

А вот примеры несколько другого плана.

Студенты в учебной лаборатории долго определяли магнитную индукцию насыщения в кольцевом магнитопроводе, навитом из ленты анизотропной электротехнической стали. После многочисленных пересчётов индукция оказалась равной 3,8 Тл. Студенты не сомневались в правильности измерения и расчёта. Мои слова о том, что за такой результат необходимо давать не одну, а две или три государственные премии, оказались не понятыми.

Как же так получилось? Ведь и в общем курсе электрических машин и при проектировании говорили, что магнитная индукция - это плотность магнитного потока и от выбранного значения этой величины много чего зависит в машине. Говорили и о том, что магнитная индукция в лучших образцах электротехнических сталей не превышает 2,0 Тл, а наибольшее достигнутое значение относится к сплаву железо-кобальт и составляет всего 2,5 Тл.

Другой поразительный пример.

Результат расчёта студенткой прогиба вала длиной 15 сантиметров оказался равным 1,5 метра!

В чём дело. Не научились думать? Нет памяти? Полное отсутствие интереса? Нет мотивации? Нет простого любопытства? Не способны представить такой вал изогнутым?

Это так, но есть и другие причины

Хочешь знать плотность меди – смотри справочник.

Вот справочник по электротехническим материалам [1], стр. 184 – 185, Табл.10.1, плотность, единица измерения «Мг · м⁻³».

Думаем. «Мг»,наверное, означает миллион граммов.Но плотность - это масса единицы объёма.Следовательно, необходимо массу делить на объём, а там множат! Приглядываемся. Видим в степени минус. Соображаем: надо делить.

Переходим к другому этапу познания. Метр кубический представить нетрудно. Но кубический метр меди весит 9200 килограммов или 9,2 тонны. Надо бы ощутить рукой такой вес, чтобы представить проектируемое устройство.Увы, на земле нет и никогда не будет силача, способного поднять 9 тонн.

Понятно, сложно, не представимо, не наглядно, не ощутимо и не найдёшь аналогии в повседневности. Зато это интернациональная система физических единиц - СИ. А что же наглядно и ощутимо? Это когда масса просто в граммах или килограммах, а объем в кубических сантиметрах или в кубических дециметрах, т.е. в литрах. Это можно поднять, сравнить и ощутить «большую» плотность, например, меди и «малую» плотность алюминия. Но это не СИ в «чистом» виде и должно преследоваться!

Правда, преследователи забывают, что студенты в ВУЗ приходят не натаскиваться по шаблону образования на непременно СИ, а научиться понимать явления и их взаимосвязь в проектируемых конструкциях или технологическом процессе. И всё это возможно, когда выработается способность создавать картину физических явлений в голове. Тогда появляется и интерес, и любопытство.

Тот же справочник.Удельное электрическое сопротивление. Единица измерения - «мкОм·м».

Мы уверены, что удельное электрическое сопротивление - это сопротивление проводника электрического тока длиной в единицу длины и с площадью поперечного сечения в единицу площади. Глядя в справочник, студент, подумав, иногда, долго, может прийти к выводу (а может и не прийти), что 0,017 мкОм·м- это электрическое сопротивление куба меди между противоположными гранями.

Но таких проводников в технике не бывает! Да и изогнуть такой проводник не получится! А как измерить такое микроскопическое сопротивление? А как отделить искомое сопротивление от сопротивления токоподводящих проводников и при этом быть уверенным в надлежащем контакте проводников со всей поверхностью граней медного куба?

Вот так. Помучается студент в размышлениях и вычислениях и бросит это занятие. Зато это СИ.

А если длина - метр, а площадь поперечного сечения - один квадратный миллиметр? Такой проводник представим. Его сопротивление легко измерить.

Всё будет просто, наглядно, доступно пониманию, пробудет интерес к предмету, но не СИ.

Что же делать в таких случаях?

- Обратить внимание, что ГОСТ [2] довольно гибок и требует обязательного применения не только единиц СИ, но десятичные кратные и дольные от них, выбор которых диктуется прежде всего удобством их применения.

- Можно также приводить величины в удобной для понимания размерности и растолковывать её. Рядом дублировать в СИ.

- Помнить, что СИ не панацея. Во многих развитых в техническом отношении странах используются архаические системы дюймов, баррелей и ничего ...

Что же касается магнитных измерений, сложность заключается в том, что магнитное поле невидимо, так же, как и электрическое поле и электрический ток. Но его можно ощутить, если держать предмет из ферромагнитного материала в поле соленоида, в воздушном зазоре машины постоянного тока при отключённой цепи якоря или вблизи сварочного трансформатора. Необходимо подробнее говорить о свойствах ферромагнитных материалов, которых много и каждый из которых имеет свою область применения благодаря своим физическим и другим свойствам.

Студентку за ошибку в расчёте прогиба вала винить нельзя. Возможно, она и не держала стальной вал в руках, не пробовала его изогнуть. Ведь и в школе, и в вузе всё считают, и считают, и считают, что отупляет. Напрочь забывают о физике явлений и физическом смысле формулы, о необходимости анализировать промежуточный результат расчёта, сравнивая его с ожидаемым, исходя из здравого смысла. Конечный результат расчёта необходимо сравнить с аналогичным, приведённым в пособии или справочнике. Использование принципа «подобия» позволит сократить время на расчёты, быстрее удостовериться в правильности или неправильности решения задачи и грамотно истолковать результат.

Список литературы

1. Справочник по электротехническим материалам: в 3 т. / под ред. Ю. Корицкого. - 3-е изд., перераб. Т. 3 - М.: Энергоатомиздат, 1988.
2. ГОСТ 8.417-2002 Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин.

ГРУППА ПОДВИЖНОГО ОТРЕЗНОГО БЛОКА

Сорокин В.А., Безгин А.С., канд. техн. наук,
Греков Э.Л., канд. техн. наук, доцент, Тертичный С.В.
Оренбургский государственный университет

Группа подвижного отрезного блока (летучая пила) предназначена для разрезания движущегося проката на мерные длины и используется в непрерывных трубоэлектросварочных и профилегибочных агрегатах. Изобретение относится к области металлургического производства, а именно к производству горячекатаных труб. Летучая пила (рисунок 1, [1]) включает в себя каретку, рычаг, вал с открытой фрезой, редуктор, электродвигатель, поворотную раму и поворотный механизм.

Основные технические требования к летучей пиле сводится к следующему:

- 1) обеспечение высокой точности отрезаемых длин;
- 2) получение заданного ряда длин;
- 3) обеспечение хорошего качества сечения проката, получаемого при разрезании раската без заусенцев и загибов на концах;
- 4) получение первой мерной длины отрезаемого проката.

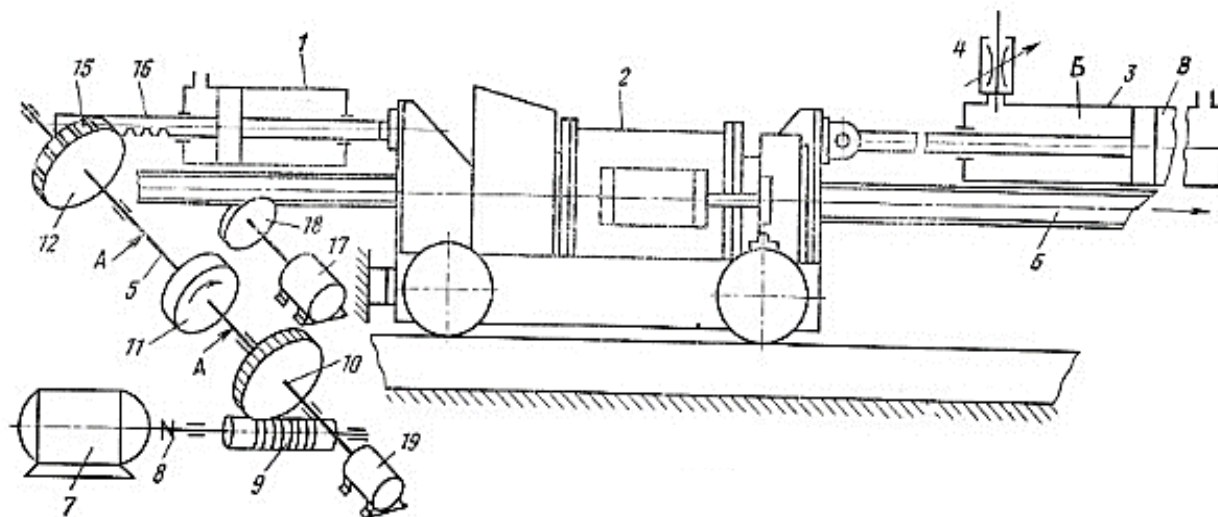


Рисунок 1- Группа подвижного отрезного блока

Для резки движущегося проката у пилы имеется основание (1), на направляющих (2) которого установлена съемная каретка (4), содержащая механизм зажима (13) и механизм резания (14) который может состоять из дисковых ножей или с пильных дисков, или же с надрезающим со ступенчато расположенными зубьями и клиновым ножами. Сделано это для повышения производительности и расширения технологических возможностей за счет обеспечения резки различного сортамента труб, а также для снижения энергетических затрат и сокращения времени цикла работы пилы за счет исключения потерь времени на разгон и торможение электродвигателя привода перемещения каретки. Рама каретки может быть выполнена

с круговыми направляющими, обеспечивающие поворот механизмов зажима (13) и резания (14) без промежуточной рамы вокруг продольной оси устройства. Каретки устанавливаются в зависимости от сортамента разрезаемых труб и проката.

В нижней части каретки, параллельно ее оси, расположена зубчатая рейка (5), находящаяся последовательно в зацеплении с шестернями (6 - 8) и закрепленными на выходных валах редукторов (9,10,11) привода (12) перемещения каретки зубьями и клиновым ножами. Механизм радиальной подачи дисковых ножей содержит суппорты (16), на которых установлены дисковые ножи (15). Суппорты установлены в планках (17), закрепленных на шпинделе (18), и взаимодействуют с наклонной поверхностью расположенного в шпинделе ползуна (19) при его осевом перемещении от гидроцилиндра. Привод вращения шпинделя с дисковыми ножами осуществляется от электродвигателя через текстронную передачу.

Существует несколько видов летучей пилы [2]:

1. Пилы холодной резки

Используются для резки труб диаметром до 127 мм. Приводной агрегат с редуктором установлен на коромысле. Регулируемый по частоте двигатель переменного тока управляет скоростью резки.

2. Система гильотин

Используются при работе на высокой скорости для резки труб и профилей с минимальным гратом и деформацией и пределом прочности при растяжении до 700 н/мм². Гидравлическая гильотина работает по принципу двойной резки. Во время процесса резки система с геометрическим замыканием зажимает трубу/профиль. Данный тип системы в виде сменного агрегата комбинируется с такими оптимальными системами резки продукта как пилы холодной и горячей резки, пилы с твердосплавными резцами, штанцы и ножи. Гильотина используется как стационарный, так и летучий узел.

3. Пилы горячей резки

Применяются для труб размерами не более 0168,3х12,0 мм. Привод, рассчитанный на экстремальные нагрузки, гарантирует постоянную производительность резки. Специальное интегрированное охлаждение обеспечивает высокую стойкость даже на высокопрочной легированной стали, а также предотвращает искрение.

4. Летучие высокопроизводительные пилы из твердого сплава

Предназначены для резки толстостенного материала с высокой прочностью при растяжении > 450 н/мм² и используются в качестве альтернативы для пил горячей резки. Результатом является высокое качество резки с минимальным гратом. Высокая приводная мощность регулируемого по частоте двигателя переменного тока и точный редуктор спец конструкции позволяют установить соответствующую скорость резки пильных полотен из быстро нарезной и твердосплавной стали.

5. Комбинированные быстросменные системы резки

Предназначены для резки открытых профилей, а также сварных круглых и фасонных труб, комбинируются с другими системами, такими как:

- пила холодной резки
- пила горячей резки
- пила из твердого сплава
- гильотины
- ножи

Что касается привода, то наиболее близким по технической сущности является привод, содержащий силовой пневмоцилиндр, жестко связанный с кареткой, несущей ножи, и системой управления. Такой привод называется пневмоприводом и предназначен для подачи режущего диска механизма в зону реза и обратно. С помощью пневмопривода механизм режущий совершает «маятниковые» движения. Пневмопривод состоит из пневмоцилиндра и кронштейнов. Один конец пневмопривода крепится к платформе, второй конец — штоковая часть, крепится к коромыслу механизма режущего.

Платформа с катками в сборе предназначена для расположения на ней оборудования и поступательного передвижения по направляющим станины. Платформа сварной конструкции из листового металла. В конструкции платформы предусмотрены места для установки четырех катков. Платформа осуществляет передвижения вперед-назад с помощью пневмоцилиндра.

Устройство прижимное предназначено для зажима трубы во время процесса резания. Конструктивно состоит из закаленных стальных зажимных губок, системы механизмов, для их перемещения и двух пневмоцилиндров. Одна зажимная губка жестко крепится к основанию устройства прижимного, вторая — подвижная, жестко связано с подвижным кронштейном, который соединен со штоком пневмоцилиндра. Прижимное устройство состоит из двух идентичных узлов зажима. Принцип работы прижимного устройства заключается в зажиме трубы и фиксации ее во время реза.

Станина сварной конструкции, предназначена для расположения оборудования. В конструкции станины имеются направляющие, по которым перемещается платформа с механизмом режущим. На станине также установлены элементы обвязки пилы летучей, пневмодемпфер, упоры для стопорения тележки в крайних положениях и кронштейн крепления пневмоцилиндра перемещения платформы.

Все узлы и детали смонтированы на стойке, из которой состоит узел мерного реза. Поддерживающей плиты, предназначенной для установки поддерживающего ролика. Механизма прижима трубы, состоящего из кронштейна с пружиной.

Бесконечная готовая труба свободно проходит между прижимами режущего механизма до тех пор, пока в систему управления не поступит сигнал от мерного ролика о достижении заданной длины трубы. После чего оба прижима зажимают трубу и режущий механизм начинает движение вместе с трубой. Далее подается сигнал на рез трубы и режущий диск опускается и отрезает трубу. Потом, после реза и подъема режущего диска в исходное положение происходит разжим ближнего, к рольгангу, прижима. После этого второй прижим разжимается и

тележка возвращается в исходное положение с помощью пневмоцилиндра. Цикл повторяется.

Такой вид привода может использоваться только в линиях станков, которые могут работать только при небольших скоростях выхода трубы [3]. В противном случае, имея большую скорость перемещения разрезаемой трубы летучая пила может быть выведена из работы, вследствие больших динамических нагрузок на ножи и элементы привода, возникающих в момент вреза ножей в трубу и вызванных несоответствием скорости трубы и скорости каретки, несущего ножа.

Для повышения долговечности и надежности пилы, а также точности полученных отрезков по длине предложенный привод каретки летучей пилы снабжен дополнительным пневмоцилиндром и устройством синхронизации скорости каретки со скоростью разрезаемой трубы, выполненным в виде электродвигателя, связанного с ним посредством муфты червячного редуктора и обгонной муфты, кинематически соединенной с дополнительным пневмоцилиндром, например, посредством реечной передачи, рейка которой жестко связана с его штоком.

Список литературы

1. Резка профильных труб. Режим доступа - <http://www.findpatent.ru/patent/54/541603.html>
2. Афанасьев Василий Данилович. «Электропривод автоматических летучих ножниц.» Москва, Ленинград. Госэнергоиздат, 1962. Библиотека по автоматике, выпуск 59.
3. Летучие пилы на линиях сварки и холодного профилирования. Режим доступа - <https://docplayer.ru/39100957-Letuchie-pily-na-liniyah-svarki-i-holodnogo-profilirovaniya.html>

РАЗРАБОТКА И ИЗГОТОВЛЕНИЕ НАЛАДОЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО КОМПЛЕКСА НА БАЗЕ ОБОРУДОВАНИЯ ФИРМЫ «ОВЕН»

Сорокин В.А., Крупский А.А.
Оренбургский государственный университет

В данной статье рассматривается процесс проектирования и изготовления мобильного наладочно – исследовательского лабораторного комплекса на базе оборудования фирмы «ОВЕН» с применением САПР P-CAD.

Функциональная схема комплекса приведена на рисунке 1.

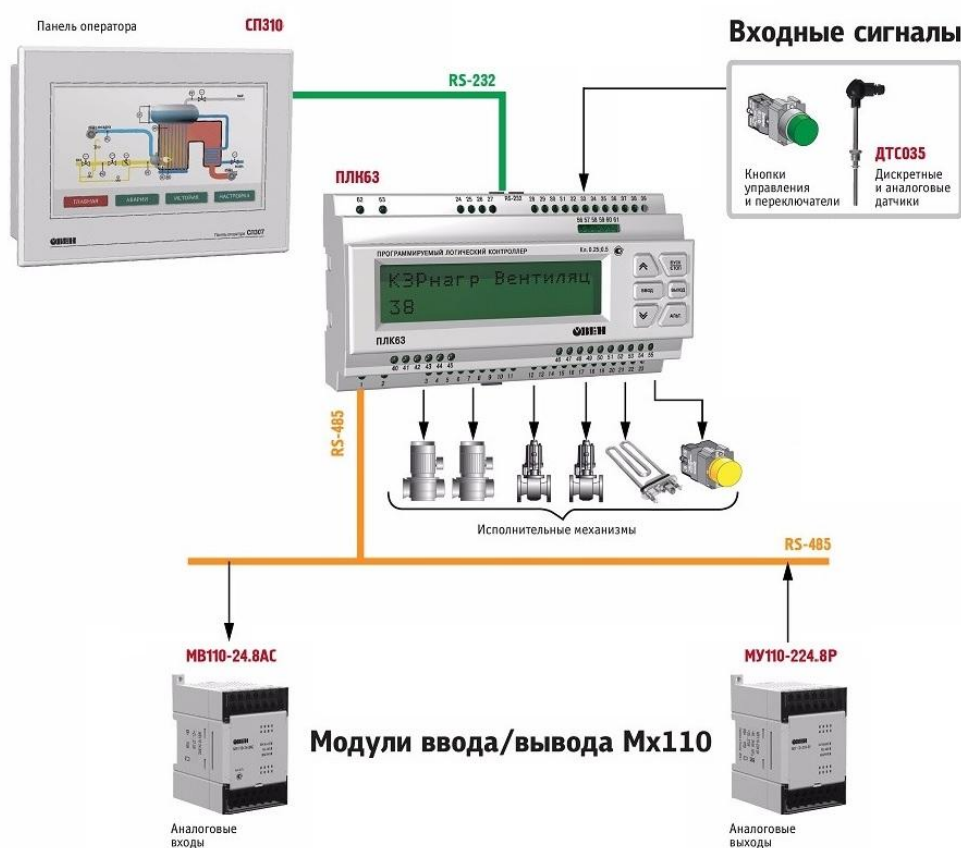


Рисунок 1 – Функциональная схема комплекса

Отличающийся от существующих стендов своей мобильностью, изготовленный на базе оборудования фирмы «ОВЕН» [1] наладочно – исследовательский комплекс изображен на рисунке 2. Проект собран в алюминиевом корпусе с размерами 460 x 323 x 152 мм. Полная масса изделия составляет 8 кг.



Рисунок 2 – Внешний вид опытного образца комплекса

Комплекс предназначен для исследовательской деятельности и работы в составе АСУТП [2] и способен осуществлять обработку восьми входных, восьми выходных дискретных сигналов, а так же принимать 8 и формировать 4 выходных аналоговых сигнала.

На рисунке 3 представлена лицевая панель комплекса, которая содержит сенсорную панель оператора СП-310Р, ПЛК ОВЕН 63 с модулями дискретного вывода МУ110-8Р и дискретного ввода МВ110-16ДН. Дополнительно на ней смонтированы: плата формирователя дискретных команд с миниатюрными индикаторами зелёного свечения и тумблерами, сетевой выключатель, разъёмы используемых интерфейсов, а также платы с разъёмами для внешней коммутации комплекса с объектом управления.

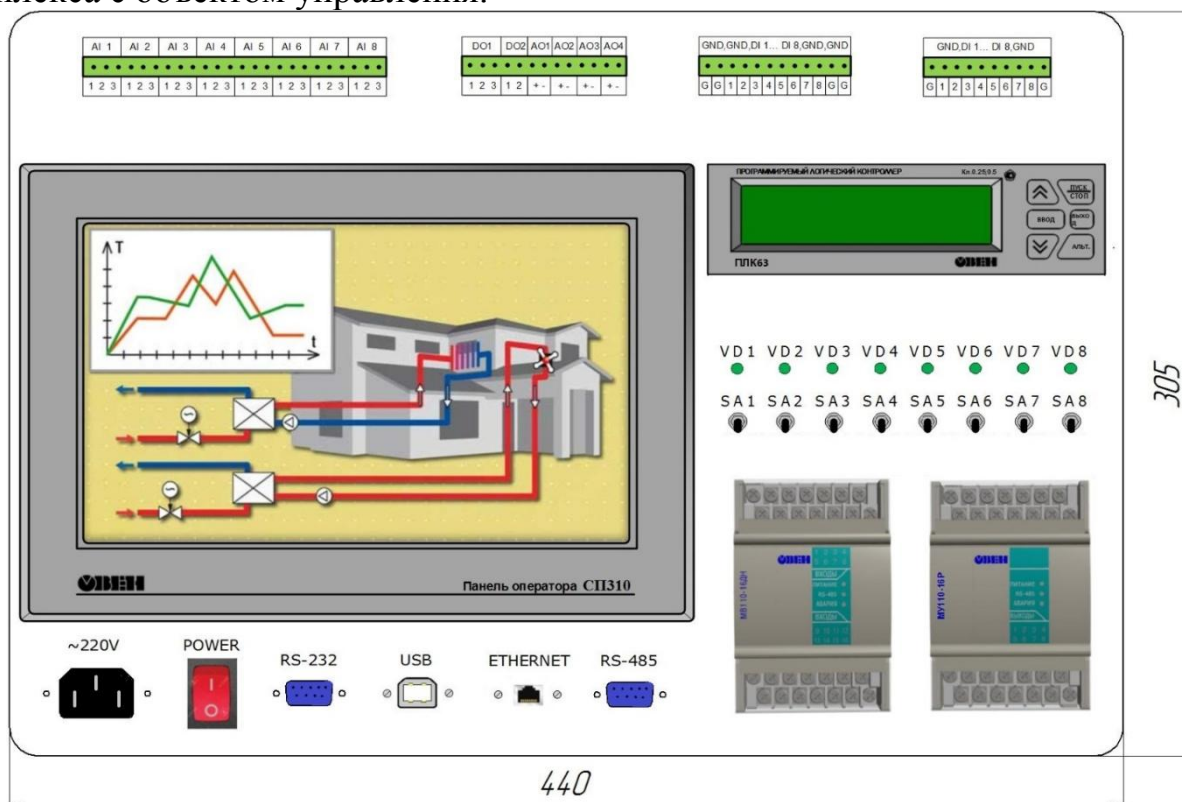


Рисунок 3 – Лицевая панель комплекса

Несомненным плюсом проекта с использованием ПЛК ОВЕН 63, изображенного на рисунке 4, является возможность работы с использованием пяти языков программирования в среде CoDeSys – IL, LD, FBD, ST и SFC, входящих в международный стандарт МЭК 61131-3.



Рисунок 4 – ПЛК ОВЕН 63

В процессе проектирования было принято решение о целесообразности изготовления лицевой панели комплекса в условиях предприятия, специализирующегося на изготовлении изделий методом лазерной резки и гравировки. В состав технической документации на изготовление панели входит чертёж лицевой панели комплекса, изготавливаемой из листового проката нержавеющей стали 12Х18Н10Т ГОСТ 5582-75 толщиной 1,5 мм, изображённый на рисунке 5.

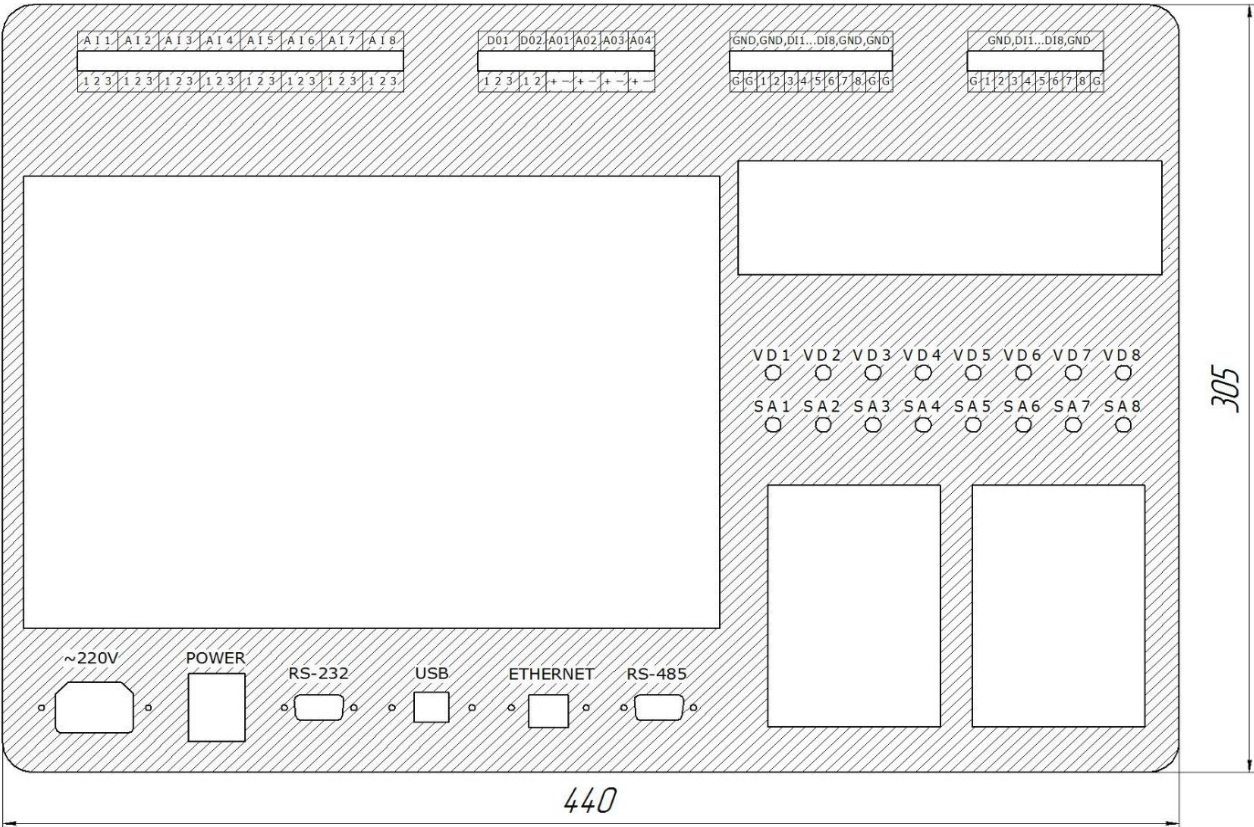


Рисунок 5 – Лицевая панель комплекса

Проектирование печатных плат комплекса выполнено в среде САПР P-CAD. Соединение печатных плат комплекса осуществляется с использованием разъемов. Коммутация входных аналоговых и дискретных сигналов комплекса реализована с использованием соединительных печатных плат. Питание на плату формирователя дискретных команд подаётся от источника питания напряжением 24 В. Напряжение сети 220 В на платах комплекса отсутствует.

Работа в среде P-CAD при проектировании печатных плат предполагает использование ряда подпрограмм. Рассмотрим процесс разработки печатных плат на примере платы формирователя дискретных команд, принципиальная схема которой изображена на рисунке 6.

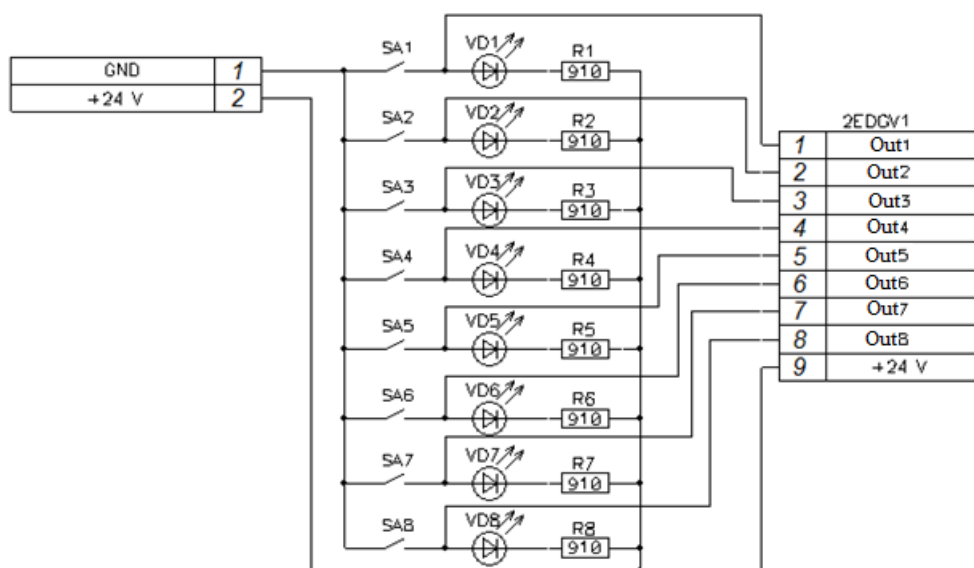


Рисунок 6 – Принципиальная схема формирователя дискретных команд

Согласно принципиальной схеме, на проектируемой плате устанавливаются резисторы, светодиоды и тумблеры.

Начальный этап проектирования выполнялся в подпрограмме Symbol Editor. Для этого была создана библиотека используемых элементов. На рисунке 7 показан процесс создания и упаковки элемента – резистор. На рисунках 8 и 9 соответственно показаны процессы создания и упаковки светодиода и тумблера.

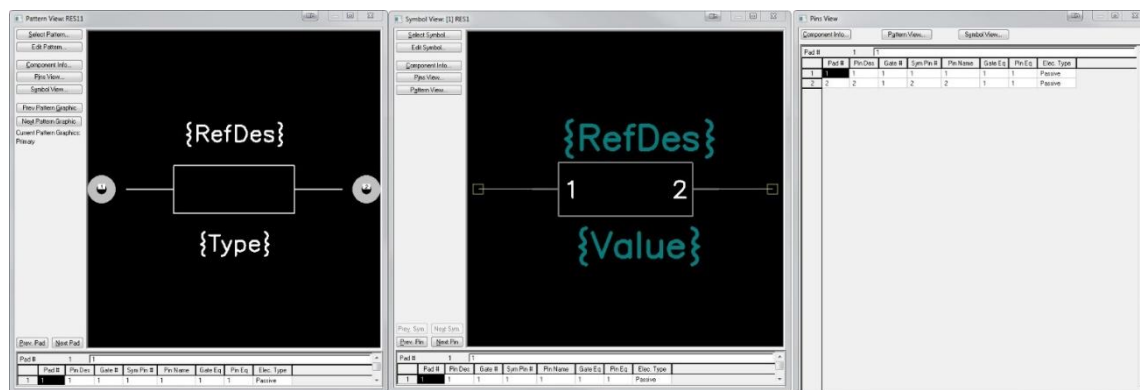


Рисунок 7 – Создание и упаковка резистора

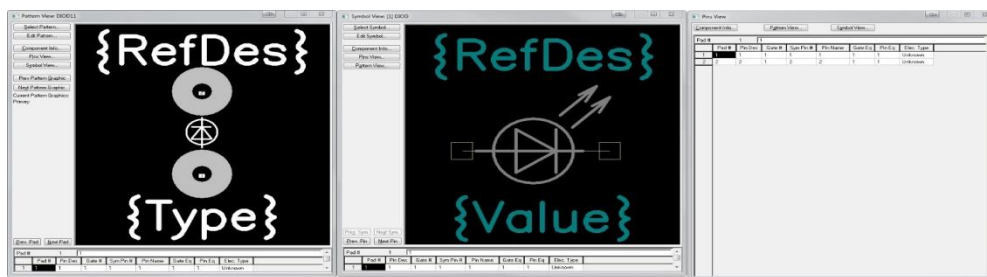


Рисунок 8 – Создание и упаковка светодиода

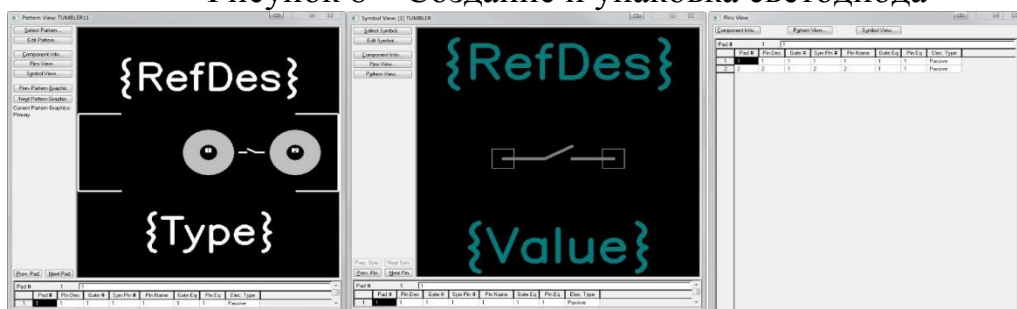


Рисунок 9 – Создание и упаковка тумблера

В подпрограмме Schematic разработана принципиальная схема платы формирователя дискретных команд. Для этого на рабочей поверхности были расположены используемые элементы в количестве, согласно принципиальной схеме приведённой на рисунке 10. Далее выполнено соединение элементов. Данные соединения, изображённые на рисунке, отображены красным цветом.

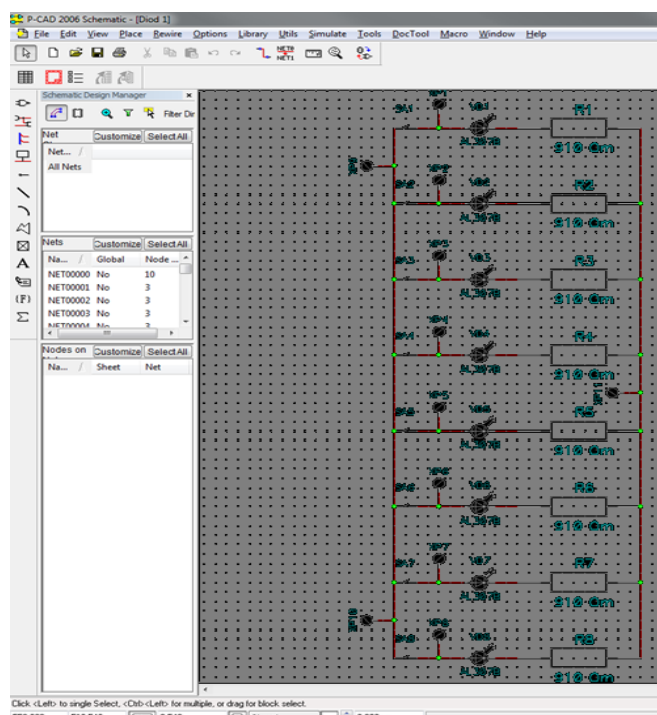


Рисунок 10 – Принципиальная схема платы формирователя дискретных команд в среде P-CAD

Созданный в подпрограмме Schematic проект был загружен в подпрограмму PCB. Размеры печатной платы заданы с учётом габаритных размеров используемых элементов. В процессе проектирования платы в обозначенную

область последовательно перенесены все используемые элементы. Далее, согласно подсказкам, выдаваемым программой (тонкие синие линии), выполнена трассировка печатной платы. Для получения варианта платы в одностороннем исполнении, корректировка расположения её элементов выполнялась неоднократно. Окончательный вариант печатной платы изображён на рисунке 11.

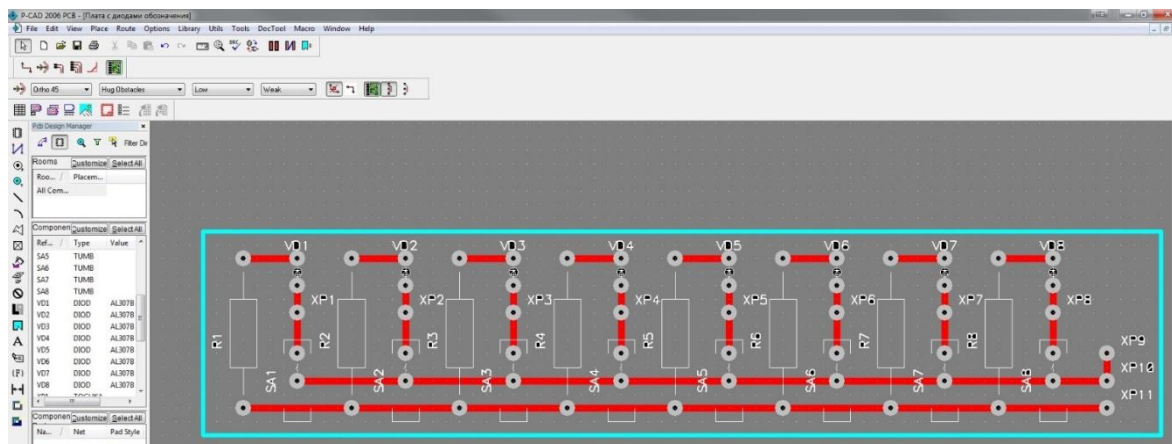


Рисунок 11 – Вид печатной платы после трассировки

В программе РСВ так же возможен вывод изображения печатной платы со стороны дорожек на принтер в натуральную величину.

Трассировка остальных печатных плат, входящих в комплекс, выполнялась аналогично.

Топология платы формирователя дискретных команд приведена на рисунке 12.

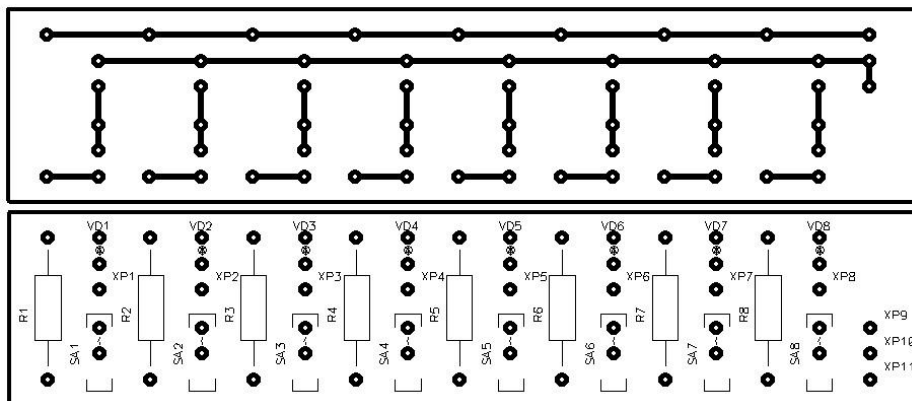


Рисунок 12 – Печатная плата формирователя дискретных команд. Сверху – вид со стороны дорожек, снизу – вид со стороны элементов

Далее после нарезки заготовок из фольгированного текстолита выполнено их сверление, нанесение рисунка дорожек, травление и окончательная промывка. После установки и пайки элементов готовые платы интегрированы в состав комплекса, после чего выполнен полный его монтаж внутри корпуса. На крышке комплекса с внутренней стороны предусмотрены крепления для хранения документации, шнура питания и соединительных проводов, с помощью которых

выполняется необходимая коммутация соответствующих входных и выходных цепей.

Отличительной чертой спроектированного комплекса является возможность раздельного использования сенсорной панели СП-310Р не только со «своим» ПЛК, но и с контроллерами других производителей, способных осуществлять передачу данных по каналам RS-485 и RS-232, а также с использованием порта Ethernet. Блочная структура комплекса, позволяет использовать те его составляющие, которые необходимы для выполнения исследовательской работы.

Питание на элементы комплекса поступает от импульсного блока питания, преобразующего переменное напряжение 220 В питающей сети в постоянное напряжение 24 В, который расположен за лицевой панелью. Для мобильного использования возможна подача питания от внешнего источника постоянного напряжения 24 В при отсутствии питающей сети напряжением 220 В.

Список литературы

1. Официальный сайт компании «ОВЕН» - производителя оборудования для автоматизации. Режим доступа: <http://www.owen.ru>
2. Сорокин В.А., Крупский А.А. Наладочно – исследовательский комплекс на базе оборудования фирмы «ОВЕН» // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры материалы Всероссийской научно-методической конференции. Оренбургский государственный университет. 2018. С. 3012-3019.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ОСВЕЩЕНИЕМ И МИКРОКЛИМАТОМ ПОМЕЩЕНИЯ

Семенова Н.Г., Умарханов К.Н.
Оренбургский государственный университет

В настоящее время большое внимание уделяется созданию smart home («Умный дом»), под которым мы понимаем систему автоматизации, или комплекс устройств, организованных для удобства проживания (или работы) людей при помощи различных высокотехнологичных устройств.

Проектирование умного дома должно реализовываться таким образом, что все системы управления могли бы согласовываться друг с другом и объединяться с минимальными затратами [1]. В современной энергетике актуальность данной системы имеет очень большое значение, так как «Умный дом» практически полностью обеспечивает решение одной из главных ее задач: обеспечение высокой экономичности потребления электроэнергии при достаточно устойчивой надежности.

В настоящее время идет активное развитие частного строительства, увеличение количества и размеров районов с таунхаусами, рост числа коттеджных поселков. Такие здания как правило, требуют большие затраты на электроснабжение, отопление и т.д. Затраты также сопровождаются сложностями регулирования и управления всеми системами в подобных домах.

Согласно Федеральному закону РФ N261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности», выделено основное направление развития электроэнергетики – «Энергоэффективность и энергосбережение». Существует множество государственных программ по повышению энергетической эффективности в электроэнергетике, ее модернизации и т.д. Исходя из вышесказанного разработка энергоэффективных систем управления «Умным домом», в частности освещением и микроклиматом помещений, является актуальной задачей.

Системы управления освещением.

Анализ научно-технической литературы по системам управления освещением, которые существуют на сегодняшний день, показывает, что они условно делятся на две группы: ручные и автоматизированные.

Ручные содержат исполнительные устройства и управляющие устройства, соединенные силовыми проводами с электрической сетью. Управление осуществляется вручную [2].

Например, применяя диммерные выключатели, можно осуществлять регулирование яркости включаемых ламп как вручную, так и дистанционно.

Автоматизированные системы управления в настоящее время являются более приоритетными по сравнению с ручными. Основными элементами автоматизированных систем управления освещением являются: датчики освещенности, программируемые контроллеры, светильники.

Основной задачей при разработке автоматизированных систем управления освещением является обеспечение наименьшего потребления мощности, при удовлетворении всех нормативных требований по показателям освещения. Поэтому один из самых лучших способов автоматизации освещения – это контроль освещенности в помещениях.

Датчик освещенности (освещения) или сумеречный выключатель – это устройство автоматического управления источниками света, в зависимости от уровня освещенности окружающего пространства. Схема подключения изображена на рисунке 1. Иными словами, датчик освещенности - это выключатель, работающий в автоматическом режиме, включающий и выключающий свет при достижении определенной степени освещенности в месте его установки [3].

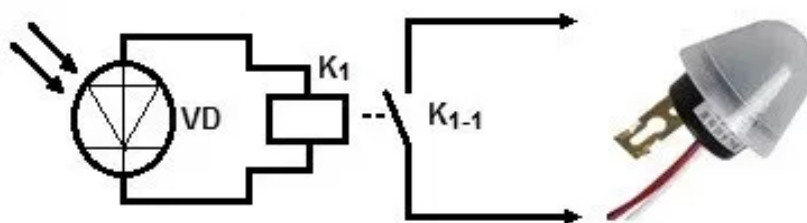


Рисунок 1 - Схема подключения датчика освещенности

Чаще всего, датчики освещенности устанавливаются в местах, где в светлое время суток пространство освещается естественным светом, а при наступлении темноты – электрическим. Обычно они изготавливаются на основе фоторезистора или фототранзистора. В обоих случаях схема работы одна и та же. В зависимости от освещенности изменяется сопротивление чувствительного элемента. Чем меньше освещенность, тем больше его сопротивление. При достижении заданной величины напряжения датчик выдает сигнал, который приводит в действие реле. Это реле замыкает цепь приборов освещения. Вследствие этого на них подается питание, и включается свет.

При увеличении освещенности (например, в светлое время суток) датчик замыкает контакты реле, которые включает питание приборов освещения, и свет выключается.

Недостаток данной системы в том, что ее работа не зависит от того, нужно ли в данный момент в помещении обеспечить освещение или нет. Дополнив эту систему датчиком присутствия, мы получим энергоэффективную автоматизированную систему освещения.

Датчик присутствия — электронный прибор, регистрирующий бесконтактными методами объекты определенного класса на территории своего контроля. В зависимости от результатов регистрации он может коммутировать электрические импульсы, по сигналам которых другие устройства выполняют различного рода действия.

Принцип работы основан на отслеживании уровня инфракрасного (ИК) излучения в поле зрения датчика (сенсора), чаще всего, пироэлектрического. Тепловые лучи фокусируются с помощью сегментной линзы и направляются к пиродетектору. Тепловое тело движется в указанной области, тепловое излучение изменяется и пиродетектор создает напряжение. Это напряжение используется как сигнал для электроники.

Согласовывать сигналы датчиков можно с помощью микроконтроллеров, программируя их таким образом, чтобы срабатывало освещение при наличии сигналов от обоих датчиков. Либо применять уже существующие устройства, совмещающие работу датчиков движение и освещенности.

Системы управления микроклиматом.

Микроклимат - это совокупность различных экологических параметров дома, в числе которых:

- температура в помещении;
- влажность воздуха;
- состав воздуха, запыленность.

Система климат-контроль используется для регулировки и наблюдения за многочисленными параметрами: пылепоглощением, отоплением и кондиционированием воздуха. Действуя взаимосвязано, эти параметры создают нужную атмосферу в доме.

Система кондиционирования осуществляет постоянный контроль влажности и температуры воздуха, выполняет ручное и автоматическое включение/выключение всех видов вентиляции. Система может автоматически изменять климат в помещении, как в зависимости от времени суток, так и в зависимости от числа людей, находящихся в помещении. Регулирование этих параметров, позволяет сократить количество потраченной энергии, что и является одной из основных наших задач.

Система отопления автоматически поддерживает температуру помещения путем контроля температуры, создаваемой теплыми полами, масляными радиаторами или электрическими конвекторами.

Основным устройством в данной системе является датчик температуры и влажности. Датчик измеряет значения температуры и влажности воздуха, и информация о них передается в контроллер либо прибор, к которому подключен датчик, в виде последовательного кода.

Для регулирования климата можно использовать данные о погоде на улице. Например, работу окон с электроприводом, можно совместить с датчиком дождя. Окна просто будут закрываться, при наличии плохой погоды на улице.

Для системы кондиционирования и пылепоглощения справятся с задачей различные датчики, реагирующие на концентрацию в воздухе тех или иных веществ. К тому же эти же датчики могут посылать сигналы на системы пожарной сигнализации (установив датчик дыма или других газов).

На основании анализа научно-технической литературы, и учитывая тенденцию развития современной электроэнергетики, сделан вывод о том, что разработка автоматизированных систем управления освещением помещения и

микроклиматом с применением технологий искусственного интеллекта является актуальной и значимой задачей.

Список литературы

1. Барашко, О. Г. Автоматизированные системы управления энергопотреблением: Курс лекций / О. Г. Барашко – Минск : Белорусский Государственный Технологический Университет, 2011. – 164 с.
2. Интеллектуальные системы автоматического управления электрическим освещением. [Электронный ресурс] : офиц. Сайт / «Издательский дом Электроника». – Режим доступа:
<http://www.russianelectronics.ru/leader-r/review/2195/doc/43212/>.
3. Петин, В.А. Проекты с использованием контроллера Arduino. – СПб.: БХВ-Петербург, 2014. – 400 с. ISBN 987-5-9775-3337-9.
4. ГОСТ 24.104-85. Единая систем стандартов автоматизированных систем управления. Общие требования. – Введ 2009-09. – Москва: Стандартинформ, 2009 – 11с.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ

Урляков А.С., Сероштан С.В.

Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ОГУ

Электроэнергетика - одна из важнейших отраслей энергетики, которая включает в себя комплекс мер необходимых для генерации, передачи, распределения и потребления электроэнергии.

Продуктивное развитие многочисленных отраслей производств, крупных перерабатывающих предприятий и даже государственной экономики в целом, невозможно представить без экономичного и бережливого использования природных ресурсов.

Процесс электроэнергии это потребление электрических ресурсов взаимодействующего оборудования, на промышленных предприятиях, зданий.

Если рассматривать энергосбережение, то можно заметить многообразие этого процесса, охватывающего практически все сферы человеческой жизнедеятельности.

Рассуждая на тему энергосбережения следует выделить основные принципы, а именно:

- Рациональное использование энергии, взамен всеобъемлющей экономии;
- Внедрение самых последних передовых технологий, способствующих значительному понижению энергопотребления на энергоёмких производствах;
- Использование новейших приборов учета расхода электроэнергии

После того как в нашей стране повсеместно стали внедрять автоматизированную систему учета электроэнергии, значительно упростился процесс сбора необходимой информации с различных приборов учета.

Первые АСКУЭ появились в начале 80-х годов прошлого столетия, инициатором продвижения автоматического учета выступил Минэнерго, и уже к концу 1991 года данные системы эксплуатировались уже в 20 энергосистемах.

Главная задача как для массовых производственных мощностей, так и для рядовых потребителей является эффективное сбережение электроэнергии.

Сбережение электроэнергии является важнейшим фактором для поддержания конкурентоспособности предприятий, из-за непрерывного увеличения цен на энергоресурсы

Эффективное энергосбережение возможно лишь в том случае, если на предприятии обеспечен наиболее точный учет расхода электрической энергии. Обеспечить данный учет поможет установка автоматизированной системы учета электроэнергии

В России с каждым годом возрастает общее количество подключаемых устройств АСКУЭ (Рисунок 1). Самыми многочисленными по подключению данных устройств являются промышленные и генерирующие компании, а также компании, занимающиеся сбытом электрической энергии. Также немаловажную составляющую занимают организации жилищно-коммунального хозяйства,

малый бизнес(продовольственные магазины, различные мастерские) и средний бизнес в который входят крупные универмаги, торговые центры

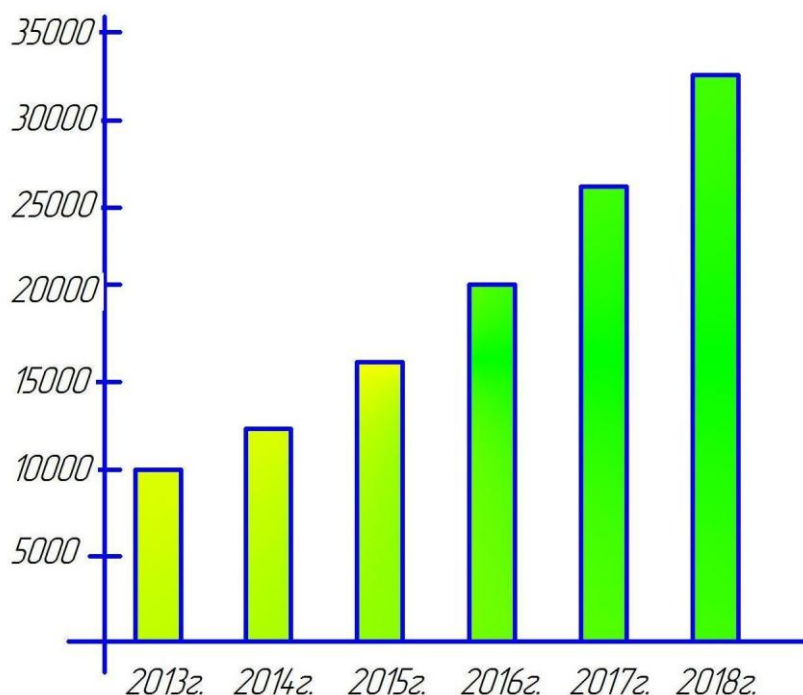


Рисунок 1 - Количество подключённых в России устройств АСКУЭ за период 2013-2018 гг.

Счетчики учета повсеместно объединяют в так называемые интеллектуальные сети, это объединение способствует более продуктивному использованию энергоресурсов.

Элементы системы АСКУЭ могут быть произведены в различных компаниях, странах. Для того чтобы система стала эффективно функционировать и приносить ожидаемые результаты необходима качественная работа интегратора.

Если рассмотреть систему АСКУЭ более подробно, то можно выделить следующие элементы: техническое оборудование (счетчики, средства вычисления, устройства сбора и передачи), а также программные составляющие необходимые для функционирования и конфигурирования (центр сбора и обработки полученных данных, обширные базы данных, программное обеспечение необходимое для функционирования автоматизированных рабочих мест).

Для осуществления передачи данных система АСКУЭ использует пакетную связь общего пользования (GPRS) либо глобальный цифровой стандарт для сотовой связи (GSM). Многих пользователей может отпугнуть данный протокол передачи данных, в связи с дороговизной оказания услуг. Однако ведущие сотовые компании готовы предложить оптимальные тарифы для этих целей. Представители сотовой связи «Мегафон» объявили о росте подключаемых пользователей в сегменте АСКУЭ (примерно 1,8 млн абонентов).

У многих крупных мировых компаний уже давно укоренились свои системы АСКУЭ. Например, «Российские железные дороги» еще 15 лет назад смогли создать свою систему и успешно внедрить её на сотнях железнодорожных подстанциях, узлах.

Если рассматривать промышленный сектор, например, энергоёмкие производства (химической, металлургической, нефтехимической промышленности), то справедливо сделать вывод о многочисленности приборов учета.

На некоторых предприятиях могут быть установлены десятки или сотни приборов. Для «ручного» считывания показаний потребуется определенный промежуток времени и сил. К тому же оператор в силу невнимательности или труднодоступности регистрирующего прибора, может допустить ошибку при считывании показаний.

В связи с этим автоматизированную систему учета электроэнергии устанавливают для достижения значительной экономии, за счет досконального учета расходов на потребляемую энергию в себестоимости выпускаемой продукции.

Другой положительной стороной является переход на более выгодную тарификацию, если обнаружилось что потребление электроэнергии не соответствует заявленной мощности тарифа.

Рассмотрим сферу ЖКХ. Основной задачей АСКУЭ в сфере жилищно-коммунального хозяйства является упрощение сбора данных многочисленных потребителей, контроль за вероятным хищением электроэнергии, обесточивание на расстоянии злостных неплательщиков.

Передача данных может осуществляться несколькими способами: по радио каналу частотой 433 МГц, по протоколу GSM/GPRS, или по питающей линии.

Для передачи по радио каналу в диапазоне 433 МГц в каждый дом устанавливается радиомодуль работающий в данном частотном диапазоне.

Радиомодуль как правило работает с повышенной выходной мощностью (+17дБм) в связи с этим передача данных может осуществляться на расстоянии до 500 метров. При использовании антенны с мощным встроенным усилителем дальность передачи возрастает до нескольких километров.

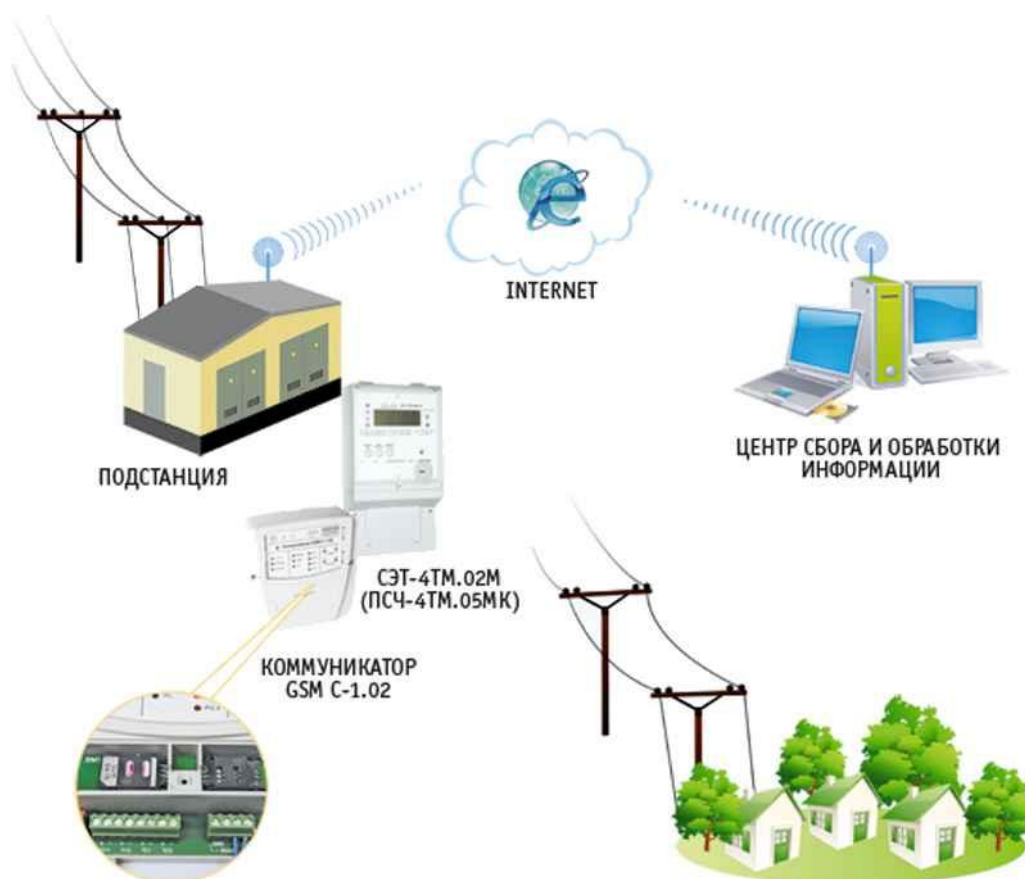


Рисунок 2 – Автоматические системы контроля и учета электроэнергии.

Однако доля подключаемых домов в России ничтожно мала 0,35%, можно заявить, что Россия по-прежнему отстает в развитии этой технологии.

Но перспективы АСКУЭ в ЖКХ огромные. Это объясняется общемировым развитием технологий, использованием людьми этих благ, строительство новых коммунальных застроек на территории крупных городов.

Список литературы

- 1 Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. Госэнергонадзор Минэнерго России. – М.: ЗАО «Энергосервис», 2007. – 392 с. – ISBN 978 – 5 – 91245 – 001 – 3.
- 2 Кожухар, В. М. Основы научных исследований: Учебное пособие / В. М. Кожухар. — М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2010. — 216 с.
- 3 О методах интерпретации результатов исследований [Электронный ресурс]. Режим доступа: сайт для студентов «Студопедия» [URL: studopedia.ru] свободный, 11.11.18.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ОБСЛУЖИВАНИЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ КАК ПРОБЛЕМА СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

**Уткина Т.И., д-р. пед. наук, профессор, Гладкая Е.О.
Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ОГУ**

Аннотация: Рассмотрено представление о модели обеспечения качества математической подготовки специалистов среднего звена технических специальностей.

Ключевые слова: качество, обеспечение качества математической подготовки.

ENSURING THE QUALITY OF MATHEMATICAL TRAINING OF SPECIALISTS FOR SERVICING ELECTRICAL AND ELECTROMECHANICAL EQUIPMENT AS A PROBLEM OF SECONDARY VOCATIONAL EDUCATION

**Utkina T.I Doctor of pedagogics, Professor
Gladkaya E.O Master student**

**Orsk humanitarian technological institute(branch)
of Orenburg state university**

Abstract: the article considers the idea of a model of quality assurance of mathematical training of mid-level specialists in technical specialties.

Key words: quality, quality assurance of mathematical training.

В настоящее время профессиональное образование находится в условиях глубоких изменений относительно обеспечения качества. Реализация Концепции развития математического образования в Российской Федерации [1] и принятие профессиональных стандартов [3] обусловило коренные изменения в целях, касающихся конкретизации и уточнения показателей качества математической подготовки специалистов как среднего профессионального образования, так и высшего.

Категория качества подготовки специалистов по обслуживанию электрического и электромеханического оборудования в проводимом исследовании определяется в соответствии с требованиями Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации» [2] как комплексная характеристика образовательной деятельности и подготовки обучающихся, выражающая степень их соответствия федеральным государственным образовательным стандартам, федеральным государственным требованиям и потребностям физического или юридического лица, в интересах которого осуществляется образовательная

деятельность. Обеспечение качества целесообразно рассматривать как процедуры, направленные на достижение результата образования и обучения требования профессиональных стандартов и федеральных государственных образовательных стандартов. Обеспечение качества математической подготовки специалистов технических специальностей в Российской Федерации выполняет значимую роль, так как математика является инструментом их профессиональной деятельности. Необходимость качественного математического образования является неотъемлемой частью каждого человека в современном мире и является значимым фактором устойчивого развития страны, ее технологической, экономической, информационной и нравственной безопасности.

Как показал анализ научной и психолого-педагогической литературы, вопрос обеспечения качества математической подготовки специалистов по обслуживанию электрического и электромеханического оборудования недостаточно изучен. Среди исследований можно привести работу Е. В. Полонского, которая посвящена проблеме обеспечения качества математической подготовки специалистов среднего звена экономического профиля по операционной деятельности в логистике [5].

Актуальным становится конструирование моделей и методик, ориентированных на обеспечение качества математической подготовки специалистов по обслуживанию электрического и электромеханического оборудования и отвечающих современным требованиям образования, которые регламентированы не только Федеральным законом от 29 декабря 2012 г. №273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» и Федеральным государственным образовательным стандартом среднего профессионального образования по специальности 13.02.11 – Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям [4].), но и государственной программой «Развитие образования» на период 2013-2020 гг., а также Концепцией развития математического образования в Российской Федерации (от 24.12.2013 г.). Согласно последним нормативным документам среднее профессиональное образование нуждается в обновлении содержания, разработке и распространению новых эффективных средств и технологий организации образовательного процесса в обеспечении качества математической подготовки обучающихся как в рамках основной образовательной программы, так и в дополнительных профессиональных образовательных программах повышения квалификации и переподготовки.

Проведенный анализ психолого-педагогической и методической литературы, диссертационных исследований, публикаций по вопросам обеспечения качества математической подготовки специалистов по обслуживанию электрического и электромеханического оборудования позволил выявить следующие противоречия:

- на социально-педагогическом уровне: между социально-обусловленными требованиями, представленными в ФГОС СПО к специалистам среднего звена относительно качества математической подготовки, и недостаточной практикой образовательных организаций среднего

профессионального образования на выполнение этих требований;

- на научно-педагогическом уровне: между необходимостью обеспечения качества математической подготовки специалистов по обслуживанию электрического и электромеханического оборудования и недостаточной разработанностью теоретических основ достижения этого качества;

- на научно-методическом уровне: между дидактическими возможностями обеспечения качества математической подготовки специалистов по обслуживанию электрического и электромеханического оборудования и недостаточной направленностью существующих педагогических средств и технологий, реализующих эти возможности в образовательном процессе в организациях среднего профессионального образования. Выявленные противоречия обуславливают актуальность темы исследования относительно обеспечения качества математической подготовки специалистов по обслуживанию электрического и электромеханического оборудования и обосновывают ее как значимую педагогическую проблему среднего профессионального образования.

Перспективы дальнейшего исследования определяются решением следующих задач.

1. На основе анализа психолого-педагогической литературы, диссертационных исследований, нормативных документов уточнить структуру и содержание обеспечения качества математической подготовки специалистов по обслуживанию электрического и электромеханического оборудования.

2. В соответствии с выделенными компонентами обеспечения качества математической подготовки специалистов по обслуживанию электрического и электромеханического оборудования определить показатели, уровни, критерии выявления уровней обеспеченности качества математической подготовки специалистов по обслуживанию электрического и электромеханического оборудования и создать компьютерное сопровождение диагностики уровней обеспеченности качества математической подготовки этих специалистов.

3. Разработать структурную модель обеспечения качества математической подготовки специалистов по обслуживанию электрического и электромеханического оборудования.

4. В соответствии с разработанной структурной моделью разработать и научно обосновать методику математической подготовки специалистов по обслуживанию электрического и электромеханического оборудования, использование которой будет создавать условия для обеспечения качества математической подготовки указанных.

5. Экспериментально проверить эффективность разработанной методики обеспечения качества математической подготовки специалистов по обслуживанию электрического и электромеханического оборудования.

В данной работе рассматриваются результаты, полученные в рамках реализации педагогического исследования «Обеспечение качества образовательных процессов в профессиональном образовании» [6,7,8,9,10]. (номер госрегистрации – ААА-А16-116020960161-9).

Список литературы

1. Концепция развития математического образования в Российской Федерации [Электронный ресурс] – Режим доступа : <https://минобрнауки.рф/документы./3894>.
2. Профессиональные стандарты [Электронный ресурс] – Режим доступа: WWW.profstandart.Rosmintrud.ru.
3. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://zakon-ob-obrazovanii.ru/>.
4. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего профессионального образования по специальности 13.02.11 – Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям) [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://classinform.ru/fgos/13.02.11-tekhnicheskaia-ekspluatatsiia-i-obsluzhivanie-elektricheskogo-i-elektromehanicheskogo-oborudovaniia-po-otrasliam.html>.
5. Полонский Е. В. Качество математической подготовки современного специалиста среднего звена : теоретический аспект (на примере специальности «Операционная деятельность в логистике») // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2016. Т. 17. – С. 244-248. Режим доступа : <http://e-koncept.ru/2016/46227.htm>.
6. Иргалина З. Ф. Формирование математической грамотности специалиста страхового дела среднего звена : Концепция развития математического образования : проблемы и пути реализации // Материалы XXXIV Международного научного семинара преподавателей математики и информатики университетов и педагогических вузов. – Москва : Издательство : ООО «ТРП», 2015. 500 с.
7. Иргалина, З. Ф., Уткина Т. И. Математическая грамотность как основополагающий показатель качества подготовки специалиста страхового дела // Казанский педагогический журнал. 2013. №3 (98) – С. 49 – 55.
8. Уткина Т. И. Концепция развития математического образования : опыт реализации в вузе и перспективы : Концепция развития математического образования : проблемы и пути реализации // Материалы XXXIV Международного научного семинара преподавателей математики и информатики университетов и педагогических вузов. – Москва : Издательство : ООО «ТРП», 2015. 500 с.
9. Уткина, Т. И., Игнатьева Е. С. Популяризация математических знаний и математического образования в процессе обучения истории России // Всероссийская научно-методическая конференция «Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры» : г. Оренбург, ФГБОУВО ОГУ, 1-3 февраля 2017 г.
10. Уткина Т. И. Обеспечение качества подготовки магистра педагогического образования профиль «Математическое образование» // Международный форум по математическому образованию «Н. И. Лобачевский и математическое образование в России» : г. Казань, 18-22 октября 2017 г.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ ВИЗУАЛИЗАЦИИ MATHCAD ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ ЦЕПЕЙ

**Ушакова Н.Ю., канд. техн. наук, доцент
Оренбургский государственный университет**

Как известно, дисциплина «Теоретические основы электротехники» является одной из основных дисциплин, формирующих общепрофессиональные компетенции у будущих специалистов в области электроэнергетики и электротехники. Традиционно дисциплина рассматривает не реальные объекты, а построена на изучении их моделей, отражающих физические процессы, происходящие в реальных электротехнических устройствах и использующих для их описания общеизвестный математический аппарат.

Дисциплину нельзя отнести к очень сложным для понимания: она имеет четкую структуру и алгоритмы, рассматривает все процессы по принципу «от простого к сложному, от частного к общему», использует математические методы, изученные ранее студентами в курсе высшей математики. Поэтому обычно ТОЭ относилась к любимым студентами дисциплинам. Однако в последние годы преподаватели отмечают снижение уровня освоения ТОЭ, несмотря на достаточно высокие баллы ЕГЭ, с которыми абитуриенты поступают на электроэнергетический факультет.

Это связано со многими факторами, в том числе:

- с общим снижением технического кругозора молодежи, падением интереса к устройству технических объектов, приборов.
- со спецификой преподавания в старших классах школы, когда глубокое изучение таких базовых инженерных дисциплин, как физика и математика, заменяется натаскиванием на ответы тестов;
- с широким использованием при выполнении расчетных и курсовых работ по ТОЭ информационных технологий и математических программ.

Все это привело к тому, что сегодняшние студенты не видят связи между физическими процессами и реальными конструкциями, не могут объяснить их принцип действия и конструкцию. Формулы, описывающие основные законы электротехники, воспринимаются ими как чистая абстракция, не применимая к окружающим их электрическим приборам и устройствам.

Использование при расчетах таких специальных математических программ, как Mathcad, с одной стороны сильно упростило выполнение расчетных заданий и позволило их усложнить. Но с другой стороны, выполняя автоматически расчеты и построение векторных диаграмм на компьютере, студенты не пытаются «осмыслить» какие-то важные промежуточные результаты, не видят связи между конечными результатами и изменением параметров и конфигурации схемы. Приходя после изучения ТОЭ на специальные предметы, они не могут трансформировать методы расчета электрических и магнитных цепей на реальные системы электроснабжения или электрические машины.

Поэтому современные расчетные задания и курсовой проект по ТОЭ не должны повторять традиционные задания для «ручного расчета», когда студент выполняет расчет для каких-то одних значений параметров. Задание должно быть сформулировано таким образом, чтобы студент провел «мини-исследование» и вывел какие-то закономерности для данного метода или для данной электрической цепи [1].

Очень полезной в этом случае будет визуализация результатов в режиме реального времени. При этом для постановки такого исследования можно использовать стандартные возможности Mathcad, например, элементы управления: Check Box (флажок проверки), Radio Button (переключатель), Push Button (кнопка), Slider (ползунковый регулятор), Text Box (поле текстового ввода), List Box (список).

Элементы управления были введены в Mathcad для упрощения ввода новых исходных данных. При расчете электрических цепей для исследования влияния плавного изменения какого-то одного или нескольких параметров можно эффективно использовать ползунковый регулятор. Переключатели Check Box, Radio Button, Push Button выполняют практически одинаковые функции (включено или выключено) и их целесообразно применять, если нужно менять значение булевой переменной (1/0, да/нет) или если переменная должна принимать одно из двух конкретных значений. Если же несколько параметров должны принимать определенные значения, то в этом случае можно воспользоваться группой переключателей.

Особенно наглядным исследование влияния какого-то параметра цепи с применением элементов управления будет, если результаты расчетов сопровождаются какой-то визуальной информацией, например, графиком или векторной диаграммой.

Покажем это на конкретных примерах. Рассмотрим, например, использование элемента Check Box, в простейшем примере с исследованием формы несинусоидального напряжения (рисунок 1).

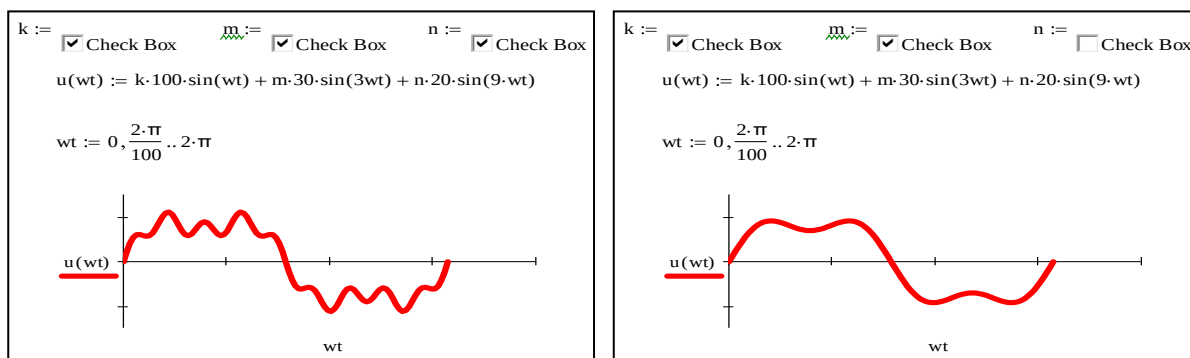


Рисунок 1 – Пример использования элемента управления Check Box

Здесь использована группа независимых переключателей Check Box, каждый из которых по умолчанию позволяет принимать значение каждой переменной (k, m, n) равной 0 или 1. При необходимости эти значения в каждом

переключателе легко поменять, открыв строку меню Edit Script. Например, если мы хотим, чтобы переменная «k» принимала при включенном переключателе значение 5, а при выключенном – 2, то в скрипте нужно заменить эти значения в следующих строках: «If CheckBox.check Then Outputs(0).Value = 5 Else Outputs(0).Value = 3». Кроме того меню переключателя позволяет, если требуется, добавить входные или выходные параметры.

Переключатель Push Button (кнопка) идентичен рассмотренному выше, но менее нагляден в использовании. Переключатель Radio Button отличается тем, что позволяет создать несколько независимых групп и в каждой группе без изменения скрипта задать величину параметра при включении. Это позволяет смоделировать более интересный алгоритм исследования различных электрических цепей.

Элемент Slider (ползунковый регулятор) считается редкоприменяемым. Однако при анализе электрических цепей он очень удобен для исследования, так как позволяет наглядно увидеть качественное влияние одного или нескольких параметров на выходные токи и напряжения. Через команду Mathsoft Button Control → Properties можно задать требуемые пределы изменения параметра.

На рисунке 2 показаны фрагменты расчета трехфазной цепи при соединении нагрузки звездой без нулевого провода и изменение векторной диаграммы напряжений при плавном изменении активного и индуктивного сопротивлений фазы A. Ценным является то, что диаграмма меняется на глазах студента, что позволяет установить определенные закономерности, которые при обычных расчетах цепи не видны.

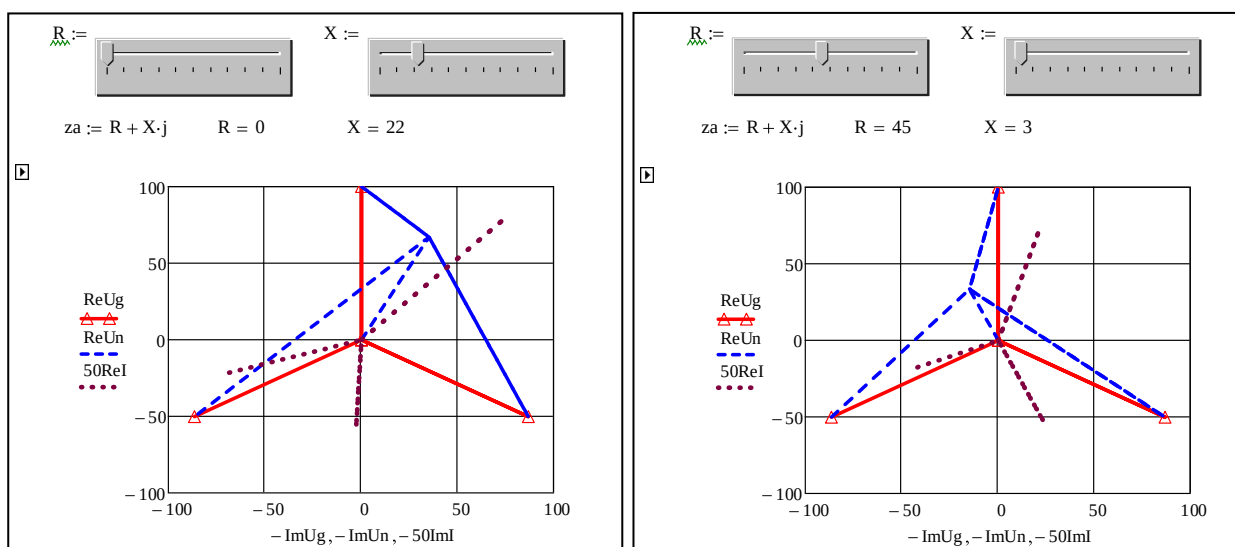


Рисунок 2 – Пример использования элемента управления Slider

В приведенном примере для трехфазной цепи между заданием параметров и векторной диаграммой расположена достаточно большая расчетная часть. Чтобы повысить наглядность взаимосвязи изменения параметров R , X_L и вида векторной диаграммы, здесь использована еще одна возможность Mathcad: часть расчетов

скрыта в закрытой области с помощью команд Insert → Area (область) (в примере наличие «скрытой» области угадывается по значку).

Еще один элемент управления, который можно эффективно использовать для исследовательской части курсовых и расчетных заданий – это List Box (список). Например, при расчете магнитной цепи, можно с помощью этого элемента провести исследование влияния свойств различных марок стали на выходные характеристики и расчетные величины магнитного напряжения и магнитных потоков. На рисунке 3 показан фрагмент графического решения обратной задачи разветвленной магнитной цепи методом двух узлов.

Заданы кривые намагничивания для трех марок электротехнической стали: сталь 1212, 1512, 3411. Используя элемент Список и элементы программирования в Mathcad, можно увидеть, как меняются веберамперные характеристики и величины искомых магнитных потоков в зависимости от выбора марки стали. Для написания марок стали в Списке была использована команда Edit Script. Основная часть расчета в примере скрыта в Area (области).

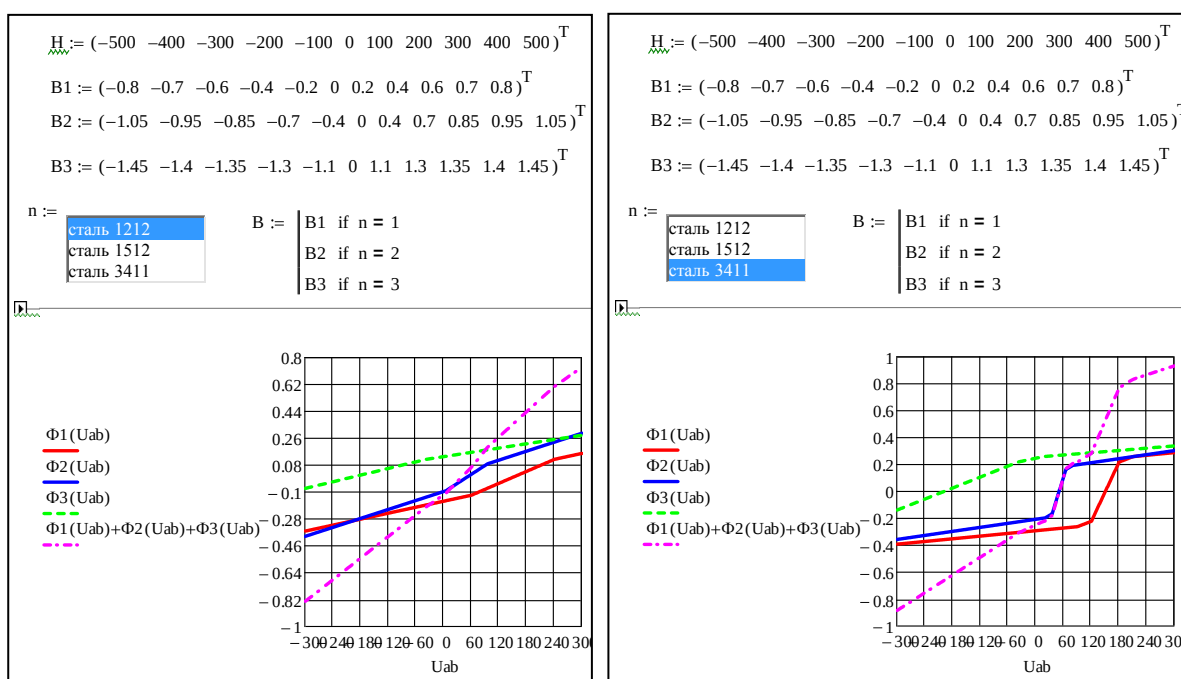


Рисунок 3 – Пример использования элемента управления List Box

Таким образом, использование стандартных средств визуализации Mathcad позволяет ввести и расширить исследовательскую составляющую в различных расчетно-графических и курсовых работах по ТОЭ, а также может быть применено для повышения наглядности изложения в мультимедийных лекциях.

Список литературы

1 Ушакова, Н. Ю. Качественный анализ электрических цепей постоянного тока/Н.Ю. Ушакова, А.А. Крупский// Шаг в науку.– 2018.– №2.– С. 200 – 204

АЛЬТЕРНАТИВЫ РАЗВИТИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Чугунов А.С.

Оренбургский государственный университет

Под системой электроснабжения (СЭС) понимают совокупность электроустановок, предназначенных для обеспечения потребителей электрической энергией [1].

Реконструкция системы электроснабжения промышленного предприятия (ПП) может производиться по различным причинам. С одной стороны, укрупнение и рост производственных мощностей завода требуют увеличения, как числа трансформаторных подстанций, так и единичной мощности установленных трансформаторов. С другой стороны причиной модернизации является как физический, так и моральный износ оборудования СЭС.

К примеру, эксплуатация неисправного, ветхого и значительно изношенного оборудования существенно увеличивает вероятность возникновения непредвиденных, а иногда и аварийных ситуаций на предприятии.

На основании сказанного, можно предположить, что актуальной является следующая проблема: *в состоянии ли действующая система электроснабжения предприятия надежно функционировать и обеспечивать качественной электроэнергией развивающееся производство? Потребуется ли при этом ее реконструкция или сооружение новой СЭС?*

Из анализа научно-технической литературы и публикаций [2] определено, что действующие СЭС можно условно классифицировать по величине коэффициента роста нагрузок ($K_{рн}$). В соответствии с предложенным разделением выделим три группы систем электроснабжения:

1. *Стабильно-функционирующие*. Как правило, такие группы СЭС характерны для промышленных предприятий, расположенных в районах города с плотной застройкой. Здесь уровень потребления электроэнергии остается примерно одинаковым и, следовательно, значение коэффициента роста нагрузок можно принять равным единице ($K_{рн} \approx 1$).

2. *Развивающиеся*. Для данных групп СЭС типично наращивание производственных мощностей за счет строительства новых электросетевых и промышленных объектов, реконструкции функционирующих. Руководствуясь сказанным, можно с большой долей вероятности утверждать, что и значение коэффициента $K_{рн}$ постепенно увеличивается. ($K_{рн} > 1$).

3. Для *угасающих* групп значение коэффициента меньше единицы ($K_{рн} < 1$), так как в них происходит уменьшение потребления электрической энергии, например, из-за уменьшения объемов производства, сноса аварийных зданий и т.д.

В соответствии с обозначенной классификацией можно выделить несколько *стратегий развития* системы электроснабжения промышленного предприятия [2], которые затрагивают *поставленную проблему*.

Пути развития систем электроснабжения, входящих в группу стабильно-функционирующих, включают: реконструкцию существующих элементов СЭС; проведение работ по ремонту и обслуживанию объектов, что позволяет обнаруживать дефекты на ранних стадиях их развития и прогнозировать дальнейшее техническое состояние оборудования; применение малой генерации, которая заключается в строительстве источников энергии в непосредственной близости от ПП и не связанных с энергосистемой.

Для СЭС, относящихся к группе развивающихся, актуальны следующие альтернативы развития: сооружение новых объектов; разукрупнение питающих линий, разрешающее проблему низкого напряжения в конце линий электропередачи; увеличение сечения проводов воздушных линий, способствующее повышению пропускной способности линий.

Последняя группа подразумевает применение энергосберегающих технологий и замену дефектного оборудования на новое.

Для систем электроснабжения промышленных предприятий характерна динамичность технологических процессов, постепенное совершенствование производства и поэтому важно учитывать как при проектировании, так и при модернизации СЭС не только экономические критерии (капитальные вложения), но и технические (безопасность, надежность, простоту, экономичность), а также экологические (охрана окружающей среды, экологическая безопасность) [2]. Кроме того, для различных отраслей промышленности предъявляются свои, иногда уникальные, критерии.

В качестве экономического критерия выбираются дисконтированные затраты на реконструкцию цеховых подстанций, которые определяются по формуле [2]

$$Z_{\Sigma} = \left[B_1 + B_2 \Delta S_{\text{пс}} + \sqrt{\frac{\Delta S_{\text{пс}}}{\sigma}} B_3 + B_4 F_{\text{лс}} + B_5 F_{\text{лс}} \right] \times \\ \times \left[\sum_{t=2}^{T_{\text{расч}}} B_6 N_{\text{лнн}} \left(e^{\left(a_0 - \frac{a_1}{t} \right)} - e^{\left(a_0 - \frac{a_1}{t-1} \right)} \right) 1 + E_{\text{н.п}}^{1-t} \right] + \alpha \cdot \Delta W_{\Sigma}, \quad (1)$$

где $\Delta S_{\text{пс}}$ – увеличение мощности подстанции (ПС);

σ – плотность электрической нагрузки;

$F_{\text{лс}}$ – сечение жил линий среднего напряжения;

$N_{\text{лнн}}$ – число линий низкого напряжения, отходящих от ПС;

a_0, a_1 – коэффициенты развития сети;

$E_{\text{н.п}}$ – экономический норматив приведения;

α – стоимость потерь электроэнергии;

ΔW_{Σ} – суммарные потери электроэнергии;

$B_1 \dots B_6$ – стоимостные постоянные элементов ПС.

В формуле (1) первые два элемента относятся к затратам на ПС, последующие три – в кабельные линии 10 кВ, последний – в кабельную сеть 0,4 кВ.

В роли технического выступает критерий, отвечающий за потери электроэнергии. Он переделывается по выражению [2]

$$\Delta W_{\Sigma} = \sum_{t=1}^{T_{\text{расч}}} \left[\begin{aligned} & A_1 n_{\text{тр}} + A_2 S_{\text{пс}} + K_{\text{рн}}^t{}^2 A_3 n_{\text{тр}} + A_4 S_{\text{пс}} + \\ & + \frac{S_{\text{пс}} K_{\text{рн}}^t{}^2}{F_{\text{лс}}} \left(A_5 + A_6 \sqrt{\frac{S_{\text{пс}}}{\sigma}} \right) + A_7 \frac{S_{\text{пс}} K_{\text{рн}}^t{}^2}{N_{\text{лнн}}^t \cdot e^{\left(a_0 - \frac{a_1}{t-2} \right)}} \sqrt{\frac{S_{\text{пс}}}{\sigma}} \end{aligned} \right], \quad (2)$$

где $n_{\text{тр}}$ – число трансформаторов на ПС;

$S_{\text{пс}}$ – мощность ПС;

$K_{\text{рн}}^t$ – коэффициент роста нагрузки ПС в год t ;

$N_{\text{лнн}}^t$ – количество линий низкого напряжения, сооруженных в год t ;

$A_1 \dots A_7$ – постоянные коэффициенты потерь электроэнергии.

В выражении (2) два первых слагаемых отражают постоянные и переменные потери в трансформаторах, третье – потери в питающих ПС линиях, а последнее показывает потери электроэнергии в низковольтной сети.

Роль критерия надежности выполняет условный недоотпуск электроэнергии потребителям, который вычисляется по формуле [2]

$$\Delta W_{\text{НО}} = \sum_{t=1}^{T_{\text{расч}}} Q_{\text{нар}} S_{\text{пс}} K_{\text{рн}}^t C, \quad (3)$$

где $Q_{\text{нар}}$ – вероятность нарушения электроснабжения потребителей, когда отсутствуют напряжение хотя бы на одной из секций шин 0,4 кВ;

C – коэффициент распределения нагрузки по секциям шин.

Таким образом, определение пути развития и функционирования СЭС следует проводить по многокритериальной модели, в которой должны быть выявлены все неопределенные факторы и разработана математическая модель функционирования системы [3].

Список литературы

1. Кудрин Б. И. Электроснабжение: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / Б.И. Кудрин. - М. : Издательский центр «Академия», 2012. - 2-е изд., перераб. и доп. - 352 с. - ISBN 978-5-7695-9307-9.
2. Семенова, Л. А. Разработка методики принятия решения по развитию системы электроснабжения с применением техноценологического подхода и теории нечетких множеств - Дис. Кандидата тех. Наук - Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2010.
3. Лещинская, Т. Б. Методы выбора стратегий развития систем электроснабжения сельских районов - Дис. Доктора тех. Наук - М: МИИСПБ 1990.

К ВОПРОСУ ИММИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ КОНЕЧНОСТЕЙ РОБОТА ГЕСАПОДА В ПОСТРАНСТВЕ

Шелихов Е.С., канд. техн. наук, Греков Э.Л., канд. техн. наук, доцент,
Ростов И.А.

Оренбургский государственный университет

Одним из наиболее распространённых видов динамических роботов считается шагающий. В основе разработки таких устройств лежит биологический подход, определяющий их конструкцию и алгоритмы перемещения. Главной особенностью шагающих роботов является ориентированность на преодоление препятствий, а значит и движению по неровным поверхностям. Сложность их проектирования заключается в компоновке, обусловленной числом степеней свободы конечностей и применяемой двигательной техники, а также реализации остановок и контроля ударов об опорные поверхности.

Универсальными конструкциями шагающих роботов принято считать гексаподы, они обладают симметричной формой, позволяющей использовать при движении дополнительные опорные конечности, а также достаточное количество опорных точек для удержания центра тяжести на заданном уровне.

Целью данной работы является разработка пространственной модели перемещения одной конечности робота гексапода. Основными задачами выделим разработку схемы механизма, учитывающую кинематику движений и габаритные размеры, а также структуры программной модели.

Кинематическая схема робота гексапода представлена на рисунке 1.

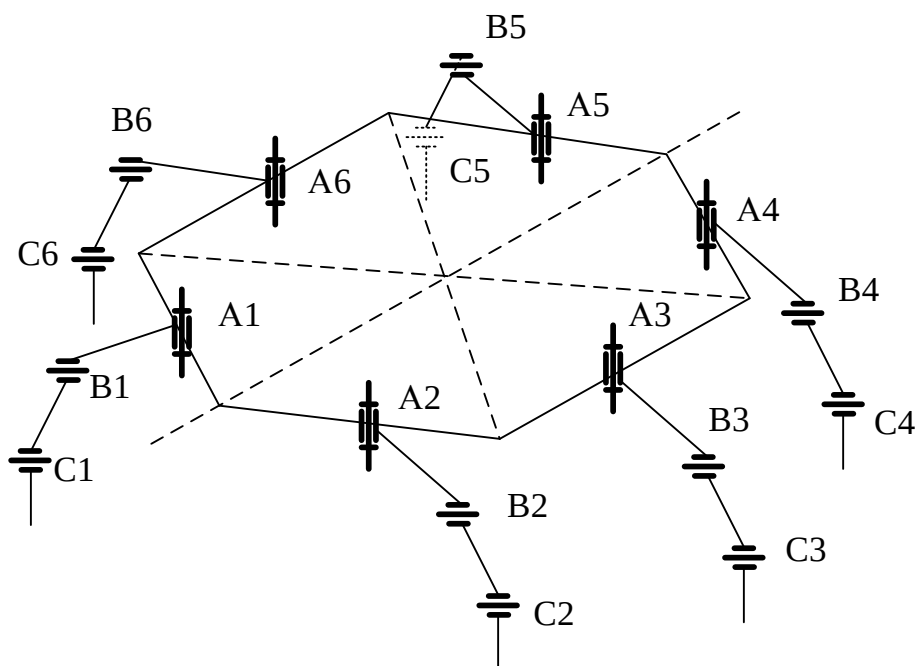


Рисунок 1 – Кинематическая схема робота гексапода

На схеме рисунка 1 привода (соединения), размещённые в корпусе робота, обозначены буквами А [2,3]. Их вал поворачивается на 45 градусов в направлении заданного движения. За перемещение конечности гексапода, состоящей из двух подвижных частей, отвечают привода обозначенные В и С. Согласно алгоритмам, описанным ранее, углы поворота составляют соответственно 15 и 30 градусов.

В разрабатываемой модели узлы механизма реализуются в виде шарниров, имеющих ограничения по перемещению. Соединение вала на приводе А ограничивается максимальным вертикальным ходом корпуса робота.

Необходимо учитывать силы реакции в опорах и коэффициенты вязкого трения в крайних частях конечности, которые соприкасаются с жёсткой поверхностью. Механизм функционирует в системе координат хуу.

На структурной схеме модели, представленной на рисунке 2, выделены основные модули. Начальные условия включают начальные координаты закрепления, а также параметры узлов (масса, размеры и т.д.). Обратные связи в данной системе позволяют учитывать силу реакции опоры и трения.

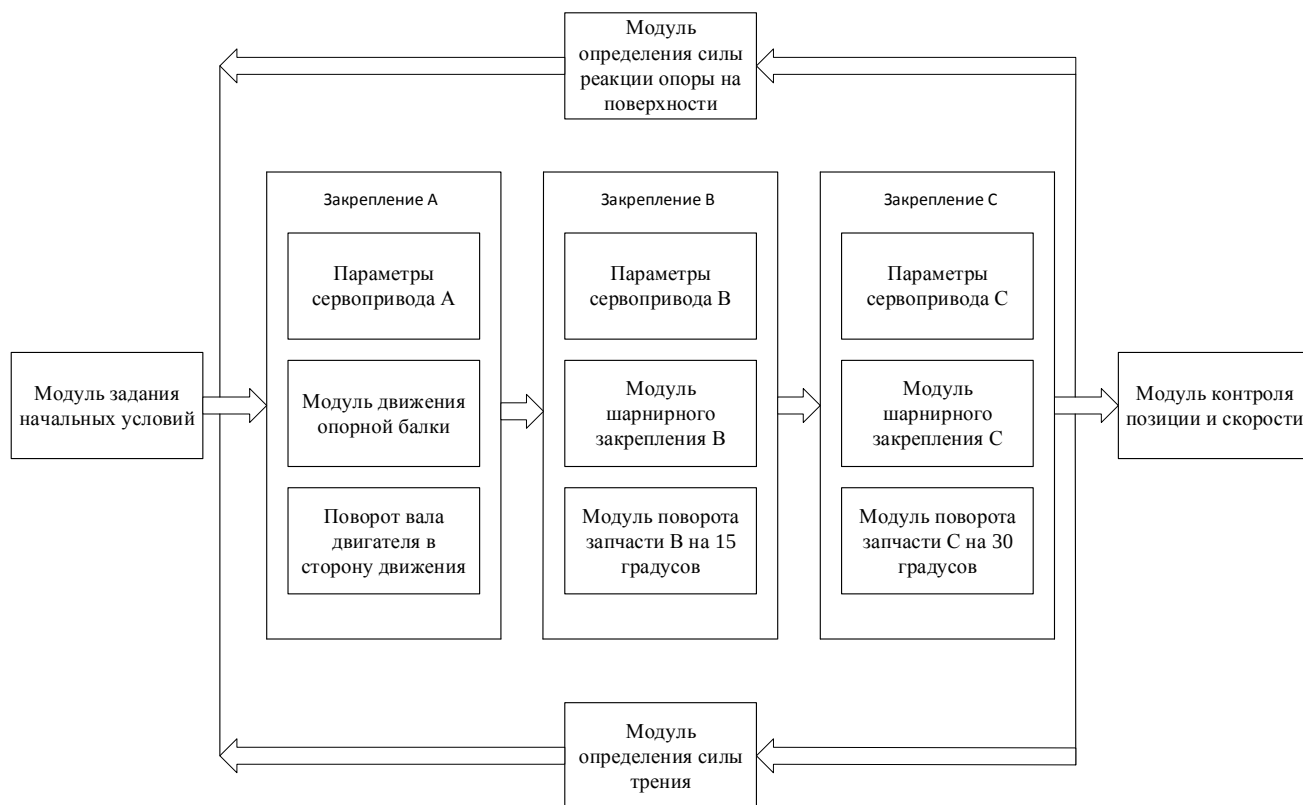


Рисунок 2 – Структурная схема модели перемещения конечности гексапода в пространстве

Результаты моделирования перемещения составляющих конечностей покадрово в виде кинематической схемы представлены на рисунке 3.

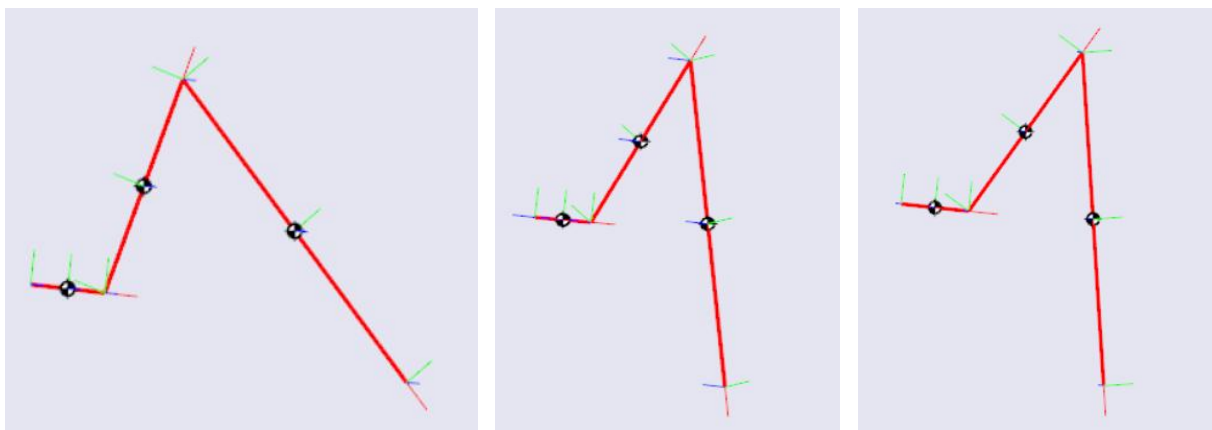


Рисунок 3 – Результаты моделирования перемещения конечностей

Имитационное моделирование позволяет оценивать нагрузку на валах двигателей, действие сил трения, тяжести и реакции опор, поэтому будет полезно на этапе проектирования шагающих роботов. Также возможна отладка алгоритмов перемещения, если одновременно использовать все шесть конечностей [1].

Список литературы

1. Ростов, И.А. Реализация алгоритма основного передвижения многоприводного гексапода [Электронный ресурс] / Ростов И.А., Шелихов Е.С., Шерстнёв Е.С. // Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии: материалы VIII Всерос. науч.-практ. конф., 16-17 ноября 2017 г., Оренбург / отв. ред. Сердюк А. И. ; Правительство Оренбург. обл., ФГБОУ ВО "Оренбург. гос. ун-т", М-во образования Оренбург.обл. - Оренбург: ОГУ, 2017. - С. 303-305. - 3 с.
2. Шерстнев, О.Н. К вопросу рационального выбора сервоприводов для сборки простейших роботов [Электронный ресурс] / Шерстнев Е.С., Шелихов Е.С., Скопинцева М. А. // Компьютерная интеграция и ИПИ-технологии: материалы VIII Всерос. науч.-практ. конф., 16-17 нояб. 2017 г., Оренбург / Правительство Оренбург. обл., ФГБОУ ВО "Оренбург. гос. ун-т", М-во образования Оренбург. обл.; отв. ред. Сердюк А. И. - Электрон. дан. - Оренбург: ОГУ, 2017. - С. 676-678. - 3 с.
3. Бейктал Дж. Конструируем роботов от А до Я. Полное руководство для начинающих / Дж. Бейктал: пер. с англ. О.А.Трефиловой. – М.: Лаборатория знаний, 2018. – 394 с. – ISBN 987-5-00101-026-5.

РАЗРАБОТКА ИММИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ЛЕНТЫ СПЕКАТЕЛЬНЫХ ТЕЛЕЖЕК АГЛОМАШИНЫ

**Шелихов Е.С., канд. техн. наук, Греков Э.Л., канд. техн. наук, доцент,
Чесская М.В.**

Оренбургский государственный университет

В условиях современной экономики на передний план выходит качество и стоимость продукции, что значительно сказывается на всех отраслях промышленности. Предприятия вынуждены применять современные технологии и подстраиваться к условиям конкуренции на всех этапах производства. В металлургии особое внимание уделяется улучшению агломерационного процесса (спекание мелкой руды с топливом при высокой температуре горения).

Для агломерационных машин характерен непрерывный режим работы, поэтому механизация и автоматизация их рабочих процессов является актуальной задачей. Повышение производительности, надежности и долговечности в данном случае возможно за счёт внедрения современных электроприводов на базе асинхронных двигателей с частотным регулированием. Разработка имитационной модели одного из них и является целью данной работы. Основными задачами при этом рассматривается формулировка требований к приводу, их выполнение, а также возможность проанализировать характеристики его работы.

Рассматриваемый электропривод располагается в головной части агломашины и предназначен для подъёма ленты спекательных тележек с нижнего наклонного пути на верхний и их дальнейшему горизонтальному перемещению.

Выделим основные требования к рассматриваемому автоматизированному электроприводу:

- реализация технологического процесса и требуемой производительности;
- выполнение диапазона регулирования скорости;
- обеспечение повышенного пускового момента;
- уменьшение динамических усилий, обусловленных упругими связями, за счёт плавности переходных режимов работы и ограничении ускорения;
- соответствие оборудования условиям окружающей среды;
- энергоэффективность и минимальная себестоимость;
- повышенная прочность, износостойкость и надежность.

Качество получаемого агломерата зависит от соответствия скоростных режимов аглоленты (1,5 – 7,5 м/мин), спекания шихты и питателя.

Имитационной модель электропривода перемещения спекательных тележек, разработанная в программе MatLab представлена на рисунке 1.

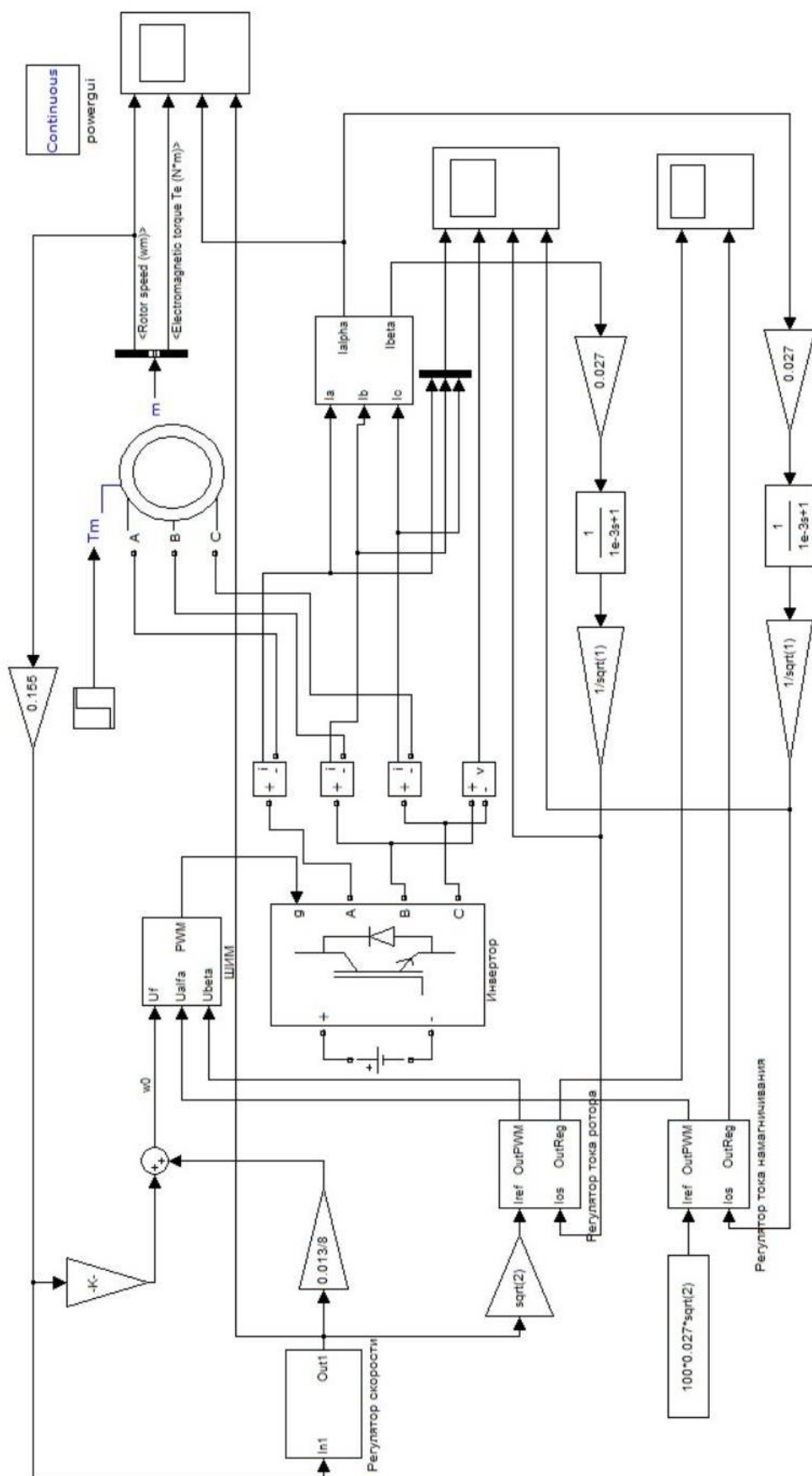


Рисунок 1 – Имитационная модель электропривода перемещения спекательных тележек

Имитационная модель содержит преобразователь частоты на базе автономного инвертора с широтно-импульсной модуляцией (серия SB-19 типа С1400) и асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором, мощностью 90 кВт. Настройка системы осуществляется по току и скорости.

На рисунке 2 представлены графики изменения во времени скорости ротора, электромагнитного момента, тока и скорости настроенной системы.

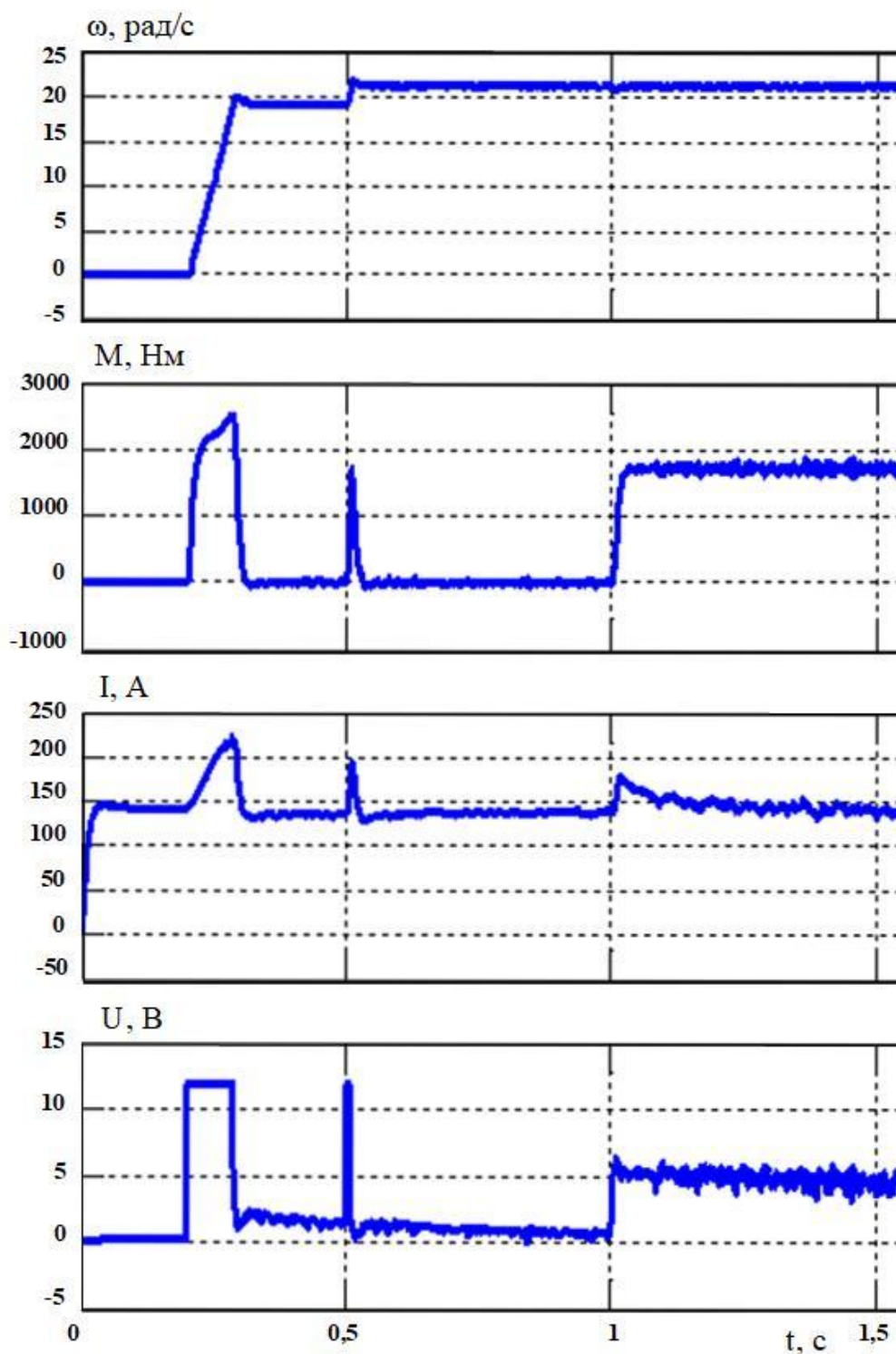


Рисунок 2 – Результаты имитационного моделирования работы электропривода

Из рисунка 2 видно, что все полученные характеристики соответствуют описанным требованиям к работе электропривода. Контуры системы настроены соответственно на технический и симметричный оптимумы.

Список литературы

1. Аксёнов, М.И. Моделирование электропривода: учебное пособие / М.И. Аксёнов. – М.: ИНФРА-М, 2017. – 135 с. – ISBN 987-5-16-009650
2. Соколовский, Г. Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием [Текст]: учебник для вузов / Г. Г. Соколовский. – М. : Издательский центр «Академия», 2005. – 272 с. – ISBN 5-7695-2306-9.
3. Терехин, В.Б. Компьютерное моделирование систем электропривода постоянного и переменного тока в Simulink: учеб. пособие / В.Б. Терехин, Ю.Н. Дементьев. – Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 307 с.– ISBN 987-5-4387-0558-1.

3D МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

**Шлейников В.Б., канд. техн. наук, доцент,
Зайногабденова Л.Р., Головина В.Н.
Оренбургский государственный университет**

На сегодняшний день можно убедиться в том, что создание 3D моделей необходимо и становится неотъемлемой частью проектирования объектов всех сфер деятельности человека, включая электроэнергетику. 3D моделирование – это создание трехмерного образа объекта по заранее разработанному чертежу. Благодаря данной технологии можно проследить за точностью исполнения всех, даже самых мелких моментов, что позволяет предприятиям значительно уменьшить число ошибок при проектировании, а при строительстве – минимизировать время простоя объекта.

В современных реалиях нам необходимо стремиться к тому, чтобы 3D-моделирование применялись на каждом этапе эксплуатации энергетического оборудования – от проектирования до полностью безопасного вывода из работы.

Программа КОМПАС-3D является широко используемой в учреждениях высшего образования технического направления. Наш проект мы решили выполнять в приложении КОМПАС-3D, так как эта система моделирования уже успела зарекомендовать себя в сфере трехмерного проектирования благодаря своей легкости в освоении и простоте работы с мощными функциональными возможностями твердотельного и поверхностного моделирования. Она удобна для выполнения простых деталей и сборок, где много стандартизированных узлов, в то же подходит для чертежей больших объемов.

Также приятной особенностью КОМПАС-3D является его поддержка самых распространенных форматов 3D-моделей, как: STEP, ACIS, IGES, DWG, DXF. Благодаря этому появляются новые возможности, упрощающие обмен данными и позволяющие просматривать работы в других системах работы (CAD / CAM / CAE).

Для использования КОМПАС-3D в строительном проектировании существует несколько подходов:

- Формирование трехмерных на основе плоских. Применяется для визуализации принятого проектного решения при создании чертежей;
- Редактирование сформированных трехмерных на основе 2D-моделей. Доработка проектного решения непосредственно в трехмерном пространстве и последующая генерация ассоциативных чертежей на основе 3D-модели;
- Свободное проектирование в трехмерном пространстве по созданию нестандартных элементов, оборудования, проработки узлов.

Основной целью нашего проекта является рассмотрение 3D моделирования и способы его применения в современной электроэнергетике. Мы взяли масляный трансформатор серии ТМ-160 за основу нашей работы. Объемная модель построена по чертежу трёх видов, которые определили размеры, форму и конструктивные особенности трансформатора.

ТМ-160 предназначены для работы в открытых электроустановках в условиях умеренного климата (исполнение У1 по ГОСТ 15150-69) и служат для понижения высокого напряжения питающей электросети до установленного уровня потребления. Трансформатор помещен в масляный бак для охлаждения и предотвращения разрушения обмоток трансформатора от воздействия внешней среды.

Трансформатор ТМ-160 состоит из: бака с радиаторами, крышки бака, расширительного бачка и активной части.

Активная часть масляного трансформатора ТМ-160 состоит из:

- магнитопровода с обмотками;
- нижних и верхних ярмовых балок;
- переключателя ответвлений обмоток ВН.

Магнитная система трансформатора ТМ-160 плоскошпихтованная, стержневого типа, собирается из холоднокатаной электротехнической стали. Конструкция обмоток трансформатора - цилиндрическая. В изготовлении обмоток применена блочная намотка - обмотка ВН наматывается на обмотку НН.

Активная часть трансформатора ТМ-160 закреплена в верхней части бака в 4-х местах распорными винтами. Над активной частью трансформатора ТМ, ТМГ установлен переключатель катушек ПТРЛ, к неподвижным контактам которого присоединены регулировочные отводы обмоток ВН.

Бак снабжен пробкой для взятия пробы масла и пластиной для заземления трансформатора. Наружная поверхность бака окрашена атмосферостойкими серыми, светло-серыми или темно-серыми красками. Все уплотнения выполнены из маслостойкой резины.

Бак трансформатора состоит из:

- стенок из стального листа;
- верхней рамы;
- радиаторов;
- петель для подъема трансформатора;
- дна с опорными лапами.

На крышке трансформаторов ТМ и ТМГ установлены:

- вводы ВН и НН;
- привод переключателя;
- петли для подъема трансформатора;
- мембранно-предохранительное устройство ;
- мановакуумметр.

Расширительный бачок используется для компенсирования изменений объема масла, зависящее от внешних факторов.

Бачок снабжен:

- Метками min и max уровня масла в трансформаторе
- горловиной для долива масла.

Представленная нами объемная модель трансформатора ТМ-160 позволила получить визуализацию объекта, расположенного отдалённо, оценить особенности его конструкции со всех сторон. Что позволило нам убедиться в

отсутствии каких-либо ошибок и несостыковок в 2D чертеже, которые могли бы влиять на качество трансформатора, время его изготовления, а также на денежные затраты.

Список литературы

1. Лизунов С.Д. Силовые трансформаторы. Справочная книга [Текст]/ С.Д. Лизунов, А.К. Лоханин. -Москва: Энергоиздат, 2004. - 626 с.
2. «Компас» — система трехмерного моделирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kompas.ru>
3. Технические характеристики трансформаторов [Электронный ресурс].- Режим доступа: transformatory.pro/view-rыnok/proizvoditeli/cheboksarskij-elektrozavod
4. [Зенг В.А.](#) Обзор и сравнение программ 3D-моделирования / Научное сообщество студентов XXI столетия. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ: сб. ст. по мат. XXXVII междунар. студ. науч.-практ. конф. № 10(36). – Режим доступа: <https://sibac.info/studconf/tech/xxxvii/43950>.

ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИТНЫХ ОПОР ЛЭП

**Шлейников В.Б., канд. техн. наук, доцент,
Коблова Т.В., Муллаянов Р.И.
Оренбургский государственный университет**

С каждым годом все больше возрастает роль электрического оборудования в повседневной жизни людей. В связи с этим возросли и требования к стабильной и безаварийной работе линий электропередач.

На бесперебойность электроснабжения влияют все входящие в состав ЛЭП элементы. Опоры, арматура, изоляторы, их прочность, устойчивость к внешним воздействиям должны быть максимально высокими.

Линия электропередачи – является основным компонентом электрических сетей, главное предназначение которой - передача электрической энергии от установок, ее производящих (электростанций), преобразующих и распределяющих (электроподстанций) к потребителям.

Наиболее затратными по капиталовложениям и в то же время наиболее уязвимыми к действию неблагоприятных климатических факторов являются воздушные линии электропередач, особенно это относится к распределительным сетям низких классов напряжений 6/10 кВ, которые имеют упрощенные элементы конструкции (опоры, арматуру) со сравнительно низким запасом прочности, но высокой удельной массой. В последние годы наметилась тенденция замены железобетонных опор на более эффективные аналоги, особенно на труднодоступных участках линий и проходящих в сложных климатических условиях, таких как горные районы и болотистая местность Севера и Сибири. Поэтому появился интерес к новым типам опор: стальным многогранным, стальным из гнутого профиля и композитным.

Композитные опоры воздушных линий электропередач – сравнительно новый тип мачтовых конструкций, история которых насчитывает не более 15 лет. Опыт применения их в настоящее время еще небольшой, но характеристики современных композиционных материалов придают опорам этого типа ряд необычных для других типов опор свойств, представляющих интерес с точки зрения снижения затрат на монтаж и повышение эксплуатационной надежности воздушных линий электропередач.

Композитом называется неоднородный сплошной материал, состоящий из двух или более функционально различающихся компонентов, имеющих четкие границы, при этом свойства композита определяются не только и не столько свойствами компонентов, сколько их пространственным расположением и характером взаимодействия.

Физико-математические характеристики стеклопластики и базальтопластики, которые служат для изготовления опор, позволяют создавать сверхлегкие мачтовые конструкции, устойчивые к действию повышенных статических и динамических нагрузок. Кроме того, стеклопластики и базальтопластики являются диэлектриками с очень высокими изолирующими

свойствами. Основной недостаток материалов – достаточно высокая цена. Поэтому их применение оправдано лишь на линиях, сооружаемых в труднопроходимой местности (горы, болото, тайга, тундра) или для строительства линий высокой степени надежности, обслуживание которых затруднено.

Стоит более подробно рассмотреть все достоинства и недостатки установки композитных опор. Во-первых, рассмотрим условия эксплуатации:

- Минимальная температура - -60°C , максимальная температура - $+40^{\circ}\text{C}$.
- Тип атмосферы - промышленная.
- Рабочее значение влажности воздуха (ср.год. / верхнее) - 75 % / 100 %.
- Интенсивность осадков - 3 мм/мин.
- Интегральная поверхностная плотность потока энергии солнечного излучения (верхнее рабочее значение) - 1125 Вт/м^2 [$0,027 \text{ кал/}(\text{см}^2 * \text{с})$].
- Плотность потока ультрафиолетовой части спектра (длина волн 200 - 400нм) - 140 Вт/м^2 [$0,0033 \text{ кал/}(\text{см}^2 * \text{с})$].

Для обеспечения защиты стойки опоры от низового пожара, на наружной поверхности нижнего модуля опоры выполнено покрытие огнезащитным составом, на высоту не менее 2м от поверхности земли.

Для повышения стойкости к ультрафиолетовому спектру облучения и солнечной радиации, в состав стеклопластика интегрирован светостабилизатор. В связи с этим частично прозрачная труба стойки защищена от негативного воздействия инсоляции на всю толщину слоя.

Во-вторых, рассмотрим экономический эффект применения композитных опор:

Стоимость композитных опор не превосходит стоимости многогранных металлических.

Экономический эффект от внедрения композитных опор обусловлен:

- снижением расходов на их хранение, транспортировку и монтаж.
- отсутствием расходов на подвесную изоляцию
- крепление провода к траверсе позволяет снизить габариты применяемых стоек либо увеличить длину пролетов
- расходы на эксплуатацию снижаются при том, что срок службы опор увеличивается до 50-70 лет

Благодаря современным полимерным материалам композитные опоры:

- просты в сборке и установке
- компактны при складировании и транспортировке, легкие
- противостоят разрушающим климатическим нагрузкам
- не подвержены коррозии
- вандалоустойчивы.

Модульная конструкция элементов стойки опоры, а также относительно большие габариты конических труб модулей, позволяют разместить полную комплектацию промежуточной опоры во внутреннем пространстве модулей в транспортном положении.

По предварительным оценкам, такой вариант позволяет транспортировать на одном автомобильном трейлере от 5 до 7 полностью укомплектованных опор с изолирующими траверсами, арматурой крепления траверс, элементов подвеса проводов, грозотроса и др. элементов опоры. Кроме этого, компактность транспортного положения опоры позволяет минимизировать складские площади аварийного резерва энергетической системы.

Конструкция стойки из композитных материалов состоит из модулей в виде усечённых конусных труб различных диаметров. Разработаны шесть типов модулей, позволяющих собрать стойки необходимой высоты и требуемого класса напряжения опоры ВЛ.

Сборка стойки опоры из модулей может выполняться либо на организованном полигоне, либо на месте установки опоры ВЛ. Сборка стойки представляет собой телескопическую стыковку модулей «конус в конус» с перекрытием (нахлестом) не менее 1,5 диаметра ствола в месте стыка. После сопряжения модулей стойки необходима их подпрессовка, с продольным усилием до 40 кН, для плотной посадки с последующей фиксацией стыков путём применения разжимных анкеров.

Модули для стойки опор состоят из базовой стеклопластиковой композиции, воспринимающей основную механическую нагрузку.

Фундаментная установка опор выполняется, как правило, закреплением нижних модулей стойки в грунт в пробуренном котловане во всех типах песчаных, супесчаных, суглинистых и глинистых грунтов.

Возможны доработки фундаментных подкрепляющих конструкций в виде обсадных труб, ригелей или свай с ростверками с учётом коэффициента пористости грунта. При установке стоек в обсадную трубу, нижние модули допускается выполнять укороченными, в частности, для одноцепной опоры ПК220-1 нижний модуль может быть укорочен на 1,5 м, для двухцепной опоры ПК 220-2 нижний модуль может быть укорочен на 2м. Возможен фланцевый фундамент.

Для болотистых и скальных грунтов варианты фундаментов рассматриваются отдельно.

Как только производительность и гибкость этих модульных композитных опор стали широко известны, а их длительный срок службы – все более очевидным, старый метод для оценки «какие опоры стоит покупать», безусловно, может измениться. Многие энергокомпании все еще будут покупать деревянные опоры, так как сравнительно низкая стоимость древесины позволяет приобрести большее количество опор за определенную сумму денег. Однако, это решение о покупке опор, выполненных из древесины, абсолютно невыгодно из-за их обслуживания, что становится особенно очевидным, когда деревянные опоры начнут стареть. Прочие расходы менее очевидны, но также существуют: с использованием более дешевых опор приходит осознание того, что надежность электрической сети становится ниже. Как и во многих решениях по коммерческим вопросам, должна быть проведена тонкая грань между доступностью в цене и надежностью. Сосредоточив внимание на стоимости

жизненного цикла опоры, так же, как это сделано для трансформаторов, энергокомпания могут теперь получить продукт (опору), который является одновременно доступным в цене и который значительно повысит надежность всей энергосистемы.

Для подтверждения вышесказанного выполним количественную оценку стоимости эксплуатации ВЛ по следующей методике. Общая стоимость эксплуатации определяется как:

$$C_{\Sigma} = Z_E + Z_{\Sigma} + Z_{\Pi} + Z_B + Z_K,$$

где: Z_E – единовременные затраты на организацию эксплуатации и ТОиР объекта;

Z_{Σ} – периодические затраты на эксплуатацию;

Z_{Π} – затраты на проведение планового ТОиР;

Z_B – затраты на проведение внепланового ТОиР;

Z_K – затраты на проведение капитального ремонта.

Единовременные затраты на организацию эксплуатации и ТОиР объекта могут определяться как:

$$Z_E = Z_{\text{ЗИП}} + Z_{\text{ОБ}} + Z_D + Z_{\text{ОП}},$$

где: $Z_{\text{ЗИП}}$ – затраты на приобретение начального комплекта запасных частей для проведения ТОиР объекта;

$Z_{\text{ОБ}}$ – затраты на приобретение необходимого оборудования и инструмента для проведения ТОиР;

Z_D – затраты на разработку и согласование документации по ТОиР;

$Z_{\text{ОП}}$ – затраты на обучение персонала и пр.

Периодические затраты на эксплуатацию объекта могут определяться как:

$$Z_{\Sigma} = Z_{\text{ОТ}} + Z_{\text{СОЦ}} + Z_{\text{ТОПЛ}} + Z_{\text{ММ}} + Z_{\text{пр_мат}} + Z_{\text{АМ}} + Z_{\Sigma_пр},$$

где: $Z_{\text{ОТ}}$ – затраты на приобретение комплекта запасных частей для проведения ТОиР объекта;

$Z_{\text{СОЦ}}$ – отчисление на социальные нужды;

$Z_{\text{ТОПЛ}}$ – затраты на топливо (ГСМ и пр.);

$Z_{\text{ММ}}$ – затраты на эксплуатацию машин и механизмов;

$Z_{\text{пр_мат}}$ – прочие материальные затраты;

$Z_{\text{АМ}}$ – амортизационные отчисления на оборудование для выполнения ТОиР;

$Z_{\Sigma_пр}$ – прочие затраты.

Затраты на проведение планового ТОиР, внепланового ТОиР и капитального ремонта могут определяться как:

$$Z_{\Pi} (Z_B; Z_K) = Z_{\Pi_ТОиР} + Z_{\text{соц_ТОиР}} + Z_{\text{мат_ТОиР}} + Z_{\text{ГСМ_ТОиР}} + Z_{\text{прМАТ-ТОиР}} + Z_{\text{ам_ТОиР}} + Z_{\text{пр_ТОиР}};$$

где: $Z_{П\ TOиР}$ – затраты на оплату труда персонала, занятого проведением планового ТОиР, внепланового ТОиР и капитального ремонта;

$Z_{соц\ TOиР}$ – отчисление на социальные нужды;

$Z_{мат\ TOиР}$ – затраты на материалы (запасные части), используемые при проведении планового ТОиР, внепланового ТОиР и капитального ремонта;

$Z_{ГСМ\ TOиР}$ – затраты на топливо (ГСМ и пр.);

$Z_{прМАТ-ТОиР}$ – прочие материальные затраты;

$Z_{ам\ TOиР}$ – отчисление на амортизацию оборудования, используемого при проведении планового ТОиР, внепланового ТОиР и капитального ремонта;

$Z_{пр\ TOиР}$ – прочие затраты.

Стоимость эксплуатации ВЛ должна определяться по информации эксплуатирующей организации. В качестве исходных данных для расчетов предоставляются:

- перечень и стоимость начального комплекта запасных частей;
- перечень и стоимость необходимого оборудования для проведения осмотров и ремонтов;
- длительность проведения осмотров, ремонтных работ элементов ВЛ:– опор, фундаментов, изоляции и т.п.;
- стоимость нормо-часа обслуживающего персонала;
- стоимость нормо-часа ремонтного персонала;
- перечень прочих затрат и их стоимостное выражение.

При определении состава и количества материалов, объема трудозатрат персонала и времени использования машин и механизмов необходимо учитывать тип и объем основного оборудования на единицу длины ВЛ, на 100 км или на один объект. Таким образом, при выполнении сравнения стоимости эксплуатации ВЛ с различными типами опор, эксплуатирующей организацией должна быть выдана информация по каждому из рассматриваемых типов.

Методика оценки экономической эффективности проекта строительства ВЛ 110-220 кВ на композитных опорах для сравнения с ВЛ на опорах традиционных типов (металлические решетчатые и многогранные, железобетонные)

Оценка экономической эффективности проекта строительства ВЛ на композитных опорах выполняется на основании сравнения затрат на строительство ВЛ с опорами других типов. Оценку экономической эффективности целесообразно выполнять также и с учетом затрат на эксплуатацию ВЛ с применением опор различных типов.

Оценка экономической эффективности проекта строительства ВЛ выполняется на стадии основных технических решений при разработке проектной документации. Расчеты ведутся на основании выполненных предварительных инженерных изысканий.

При разработке Основных технических решений оценка экономической эффективности выражается в выполнении техникоэкономического сравнения вариантов строительства ВЛ. Техникоэкономическое сравнение может быть выполнено, по меньшей мере, двумя способами – упрощенным и детальным.

При упрощенном сравнении предполагается, что для всех рассматриваемых вариантов марка провода и количество (стоимость) анкерных опор являются одинаковыми, а собственно сравнение выполняется только по стоимости строительства промежуточных опор и их фундаментов. При этом, количество промежуточных опор различных типов определяется при расстановке по профилю трассы ВЛ на длине 5 или более километров. В расчетах учитывается также стоимость доставки промежуточных опор на место строительства. Результаты сравнения сводятся в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты сравнения при упрощенном сравнении

Параметры		Вариант 1	Вариант 2	Вариант..N
		ПК220-2	ПМ220-2	2П220-2
Пролет габаритный, м		245	260	350
Пролет ветровой, м		290	400	400
Пролет весовой, м		370	350	400
Количество промежуточных опор, шт		~21	~20	~15
Вес одной опоры, т		3,500	7,160	6,728
Вес опор, всего, т		73,5	143,2	100,92
Тип закрепления ¹		K1	M1	P1
Сборный железобетон, всего, м ³		-	-	107,4
Металлоконструкции фундаментов, всего, т		-	50,0	-
СМР (опоры), тыс. руб. с НДС	СМР	552,00	2 194,21	1 678,57
	Материалы	15 115,80	13 452,86	12 570,03
	Всего	16 035,79	15 647,07	14 248,61
СМР (фундаменты), тыс. руб. с НДС	СМР	367,99 1	1 277,79	623,34
	Материалы	0,00	3 996,71	3 012,00
	Всего	0,00	5 274,49	3 635,33
ИТОГО стоимость, тыс. руб. с НДС		16 035,79	20 921,57	1 7883,94
Стоимость доставки, тыс. руб. с НДС		726,60	1 400,54	421,21
ВСЕГО стоимость с доставкой, тыс. руб. с НДС		16 762,38	22 322,11	18 305,15

При необходимости, дополнительно может быть выполнено сравнение стоимости постоянного/временного отвода для различных типов опор (таблица 2).

Таблица 2 – Сравнение стоимости постоянного и временного отвода

Параметры	Вариант 1	Вариант 2	Вариант..N
	ПК220-2	ПМ220-2	2П220-2
Площадь землеотвода в постоянное пользование на 1 опору/всего, м ²	20,0/400,0	26,0/468,0	70,0/980,0
Ширина полосы временного отвода, м	10,3	13,0	17,4
Ширина охранной зоны, м	56,3	59,0	63,4
Ширина просеки, м	58,3	59,0	63,4
Стоимость постоянного/временного отвода земли, тыс. руб. с НДС	зависит от тарифа района строительства	зависит от тарифа района строительства	зависит от тарифа района строительства

1 Условное обозначение типа закрепления

При детальном сравнении необходимо выполнять оценку стоимости строительства ВЛ по всей длине трассы с учетом стоимости провода, промежуточных и анкерно-угловых опор и их фундаментов, стоимости доставки опор на место строительства. При необходимости учитывается стоимость потерь электроэнергии при применении проводов различных марок.

Сравнение стоимости промежуточных опор в зависимости от их количества при применении с различными марками проводов, приводится в таблице 3.

Таблица 3 – Сравнение стоимости опор с различными проводами

Наименование провода	$\sigma_{\max}$ провода, кгс/мм ²	Тип опоры	Кол-во опор	Стоимость установки одной опоры, млн. руб.	Сумма всего, млн. руб.
АС 300/39	12,15	ПК220-2	90	0,789	71,010
		ПМ220-2	85	1,038	88,230
		2П220-2	63	1,163	73,269
АС 400/513	12,15	ПК220-2	85	0,789	67,065
		ПМ220-2	79	1,038	82,002
		2П220-2	58	1,163	67,454
АСк2у 300/39	14,5	ПК220-2	82	0,789	64,698
		ПМ220-2	76	1,038	78,888
		2П220-2	56	1,163	65,128

Подсчет стоимости потерь электрической энергии на нагрев и корону приведен в таблице 4.

Таблица 4 – Стоимость потерь электрической энергии на нагрев и корону

Характеристика	АС 300/39	АС 400/51	АСк2у 300/39
Сопротивление провода при рабочей температуре, Ом/км	0,096	0,073	0,0947
Потери активной мощности на нагрев, кВт	257,23	195,61	253,74
Число часов максимальных потерь, час	4592	4592	4592
Потери ЭЭ на нагрев за год, МВт×ч	1181,14	898,2	1165,2
Удельные потери на корону, кВт/км	4,3	3	4,3
Потери активной мощности на корону, кВт	131,8	91,95	131,8
Потери ЭЭ на корону за год, МВт×ч	1154,53	805,48	1154,53
Стоимость потерь на нагрев и корону за год, млн. руб.	3,712	2,708	3,687
Стоимость потерь на нагрев и корону за 50 лет, млн. руб.	185,6	135,4	184,35

Итоговая стоимость строительства промежуточных опор с учетом стоимости провода и стоимости потерь электрической энергии приводится в таблице 5.

Таблица 5 – Итоговая стоимость строительства промежуточных опор

Марка провода	Стоимость провода, млн. руб.	Промежуточные опоры		Суммарная стоимость, млн. руб.	Стоимость потерь на нагрев и корону за 50 лет, млн. руб.	Стоимость с учетом потерь, млн. руб.
		Тип опор	Сумма строительства, млн. руб.			
АС 300/39	48,151	ПК220-2	71,010	119,161	185,6	304,761
		ПМ220-2	88,230	136,381		321,981
		2П220-2	73,269	121,420		307,020
АС 400/51	61,139	ПК220-2	67,065	128,204	135,4	263,604
		ПМ220-2	82,002	143,141		278,541
		2П220-2	67,454	128,593		263,993
АСк2у 300/39	59,847	ПК220-2	64,698	124,545	184,35	308,895
		ПМ220-2	78,888	138,735		323,085
		2П220-2	65,128	124,975		309,325

Расчеты показали, что, несмотря на высокую удельную стоимость (композит примерно в три раза дороже оцинкованной стали), установка композитных опор обходится дешевле многогранных. На наш взгляд, по технико-экономическим показателям, композитные опоры вполне готовы к применению, особенно с учётом того, что для класса напряжения 110 кВ и выше данные опоры давно уже применяются.

Список литературы

1. Бочаров Ю. Н., Жук В. В. К вопросу о композитных опорах воздушных линий // Труды Кольского научного центра РАН. 2012. №1. URL: <http://cyberleninka.ru/article>
2. Преображенский, А.И. Стеклопластики – свойства, применения, технологии // Главный механик. 2010. №5. С. 27–36.

¹ Максимальная мощность не превышает 15 кВт с учетом максимальной мощности ранее присоединенных в данной точке присоединения энергопринимающих устройств.

² Максимальная мощность указывается равной максимальной мощности присоединяемых энергопринимающих устройств в случае отсутствия максимальной мощности ранее присоединенных энергопринимающих устройств (то есть в пункте 6 и подпункте “а” пункта 6 настоящего приложения величина мощности указывается одинаковая).

³ Классы напряжения (0,4; 6; 10) кВ.

Приложение 2

ДОГОВОР №

об осуществлении технологического присоединения к электрическим сетям для физических лиц в целях технологического присоединения энергопринимающих устройств, максимальная мощность которых составляет до 15 кВт включительно (с учетом ранее присоединенных в данной точке присоединения энергопринимающих устройств) и которые используются для бытовых и иных нужд, не связанных с осуществлением предпринимательской деятельности

«___» _____ 2017г.

_____ именуемое в дальнейшем **сетевой организацией**,
в лице _____ действующего на основании _____
_____ с одной стороны и _____,
_____ именуемый в дальнейшем **заявителем**, с другой
стороны, вместе именуемые **Сторонами**, заключили настоящий договор о нижеследующем:

I. Предмет договора

1. По настоящему договору сетевая организация принимает на себя обязательства по осуществлению технологического присоединения энергопринимающих устройств заявителя (далее - технологическое присоединение), в том числе по обеспечению готовности объектов электросетевого хозяйства (включая их проектирование, строительство, реконструкцию) к присоединению энергопринимающих устройств, урегулированию отношений с третьими лицами в случае необходимости строительства (модернизации) такими лицами принадлежащих им объектов электросетевого хозяйства (энергопринимающих устройств, объектов электроэнергетики), с учетом следующих характеристик:

максимальная мощность присоединяемых энергопринимающих устройств _____ кВт;

категория надежности _____;

класс напряжения электрических сетей, к которым осуществляется технологическое присоединение _____ кВ;

максимальная мощность ранее присоединенных энергопринимающих устройств _____ кВт.

Заявитель обязуется оплатить расходы на технологическое присоединение в соответствии с условиями настоящего договора.

2. Технологическое присоединение необходимо для электроснабжения _____ расположенного: _____

3. Точка (точки) присоединения указана в технических условиях для присоединения к электрическим сетям (далее - технические условия) и располагается на расстоянии _____ метров от границы участка заявителя, на котором располагаются (будут располагаться) присоединяемые объекты заявителя.

4. Технические условия являются неотъемлемой частью настоящего договора и приведены в приложении.

Срок действия технических условий составляет _____ года со дня заключения настоящего договора.

5. Срок выполнения мероприятий по технологическому присоединению составляет _____ месяца со дня заключения настоящего договора.

II. Обязанности Сторон

6. Сетевая организация обязуется:

надлежащим образом исполнить обязательства по настоящему договору, в том числе по выполнению возложенных на сетевую организацию мероприятий по технологическому присоединению (включая урегулирование отношений с иными лицами) до границ участка, на котором расположены присоединяемые энергопринимающие устройства заявителя, указанные в технических условиях;

в течение **6** рабочих дней со дня уведомления заявителем сетевой организации о выполнении им технических условий осуществить проверку выполнения технических условий заявителем, провести с участием заявителя осмотр (обследование) присоединяемых энергопринимающих устройств заявителя;

не позднее **10** рабочих дней со дня проведения осмотра (обследования), указанного в абзаце третьем настоящего пункта, с соблюдением срока, установленного пунктом 5 настоящего договора, осуществить фактическое присоединение энергопринимающих устройств заявителя к электрическим сетям, фактический прием (подачу) напряжения и мощности, составить при участии заявителя акт об осуществлении технологического присоединения и направить его заявителю.

7. Сетевая организация при невыполнении заявителем технических условий в согласованный срок и наличии на дату окончания срока их действия технической возможности технологического присоединения вправе по обращению заявителя продлить срок действия технических условий. При этом дополнительная плата не взимается.

8. Заявитель обязуется:

надлежащим образом исполнить обязательства по настоящему договору, в том числе по выполнению возложенных на заявителя мероприятий по технологическому присоединению в пределах границ участка, на котором расположены присоединяемые энергопринимающие устройства заявителя, указанные в технических условиях;

после выполнения мероприятий по технологическому присоединению в пределах границ участка заявителя, предусмотренных техническими условиями, уведомить сетевую организацию о выполнении технических условий;

принять участие в осмотре (обследовании) присоединяемых энергопринимающих устройств сетевой организацией;

после осуществления сетевой организацией фактического присоединения энергопринимающих устройств заявителя к электрическим сетям, фактического приема (подачи) напряжения и мощности подписать акт об осуществлении технологического присоединения либо представить мотивированный отказ от подписания в течение 1 рабочего дня со дня получения указанного акта от сетевой организации;

надлежащим образом исполнять указанные в разделе III настоящего договора обязательства по оплате расходов на технологическое присоединение;

уведомить сетевую организацию о направлении заявок в иные сетевые организации при технологическом присоединении энергопринимающих устройств, в отношении которых применяется категория надежности электроснабжения, предусматривающая использование 2 и более источников электроснабжения.

9. Заявитель вправе при невыполнении им технических условий в согласованный срок и наличии на дату окончания срока их действия технической возможности технологического присоединения обратиться в сетевую организацию с просьбой о продлении срока действия технических условий.

III. Плата за технологическое присоединение и порядок расчетов

10. Размер платы за технологическое присоединение определяется в соответствии с Приказами Департамента по ценам и регулированию тарифов по Оренбургской области от **08.12.2016 №202-э/э**, от **15.12.2016 №227-э/э** и составляет _____, в том числе НДС _____. Без НДС _____

11. Внесение платы за технологическое присоединение осуществляется заявителем в следующем порядке:

в виде 100 % предоплаты путем перечисления денежных средств на расчетный счет сетевой организации в течение 10 банковских дней с момента заключения настоящего договора на основании счета, выставленного сетевой организацией.

12. Датой исполнения обязательства заявителя по оплате расходов на технологическое присоединение считается дата внесения денежных средств в кассу или на расчетный счет сетевой организации.

IV. Разграничение балансовой принадлежности электрических сетей и эксплуатационной ответственности Сторон

13. Заявитель несет балансовую и эксплуатационную ответственность в границах своего участка, сетевая организация - до границ участка заявителя.

V. Условия изменения, расторжения договора и ответственность Сторон

14. Настоящий договор может быть изменен по письменному соглашению Сторон или в судебном порядке.

15. Договор может быть расторгнут по требованию одной из Сторон по основаниям, предусмотренным Гражданским кодексом Российской Федерации.

16. Заявитель вправе при нарушении сетевой организацией указанных в настоящем договоре сроков технологического присоединения в одностороннем порядке расторгнуть настоящий договор.

Нарушение заявителем установленного договором срока осуществления мероприятий по технологическому присоединению (в случае если техническими условиями предусмотрен поэтапный ввод в работу энергопринимающих устройств - мероприятий, предусмотренных очередным этапом) на 12 и более месяцев при условии, что сетевой организацией в полном объеме выполнены мероприятия по технологическому присоединению, срок осуществления которых по договору наступает ранее указанного нарушенного заявителем срока осуществления мероприятий по технологическому присоединению, может служить основанием для расторжения договора по требованию сетевой организации по решению суда.

17. Сторона договора, нарушившая срок осуществления мероприятий по технологическому присоединению, предусмотренный договором, в случае если плата за технологическое присоединение по договору составляет 550 рублей, обязана уплатить другой стороне неустойку, равную 5 процентам от указанного общего размера платы за технологическое присоединение по договору за каждый день просрочки. При этом совокупный размер такой неустойки при нарушении срока осуществления мероприятий по технологическому присоединению заявителем не может превышать размер неустойки, определенной в предусмотренном настоящим абзацем порядке за год просрочки.

Сторона договора, нарушившая срок осуществления мероприятий по технологическому

присоединению, предусмотренный договором, в случае если плата за технологическое присоединение по договору превышает 550 рублей, обязана уплатить другой стороне неустойку, равную 0,25 процента от указанного общего размера платы за каждый день просрочки. При этом совокупный размер такой неустойки при нарушении срока осуществления мероприятий по технологическому присоединению заявителем не может превышать размер неустойки, определенный в предусмотренном настоящим абзацем порядке за год просрочки.

Сторона договора, нарушившая срок осуществления мероприятий по технологическому присоединению, предусмотренный договором, обязана уплатить понесенные другой стороной договора расходы в размере, определенном в судебном акте, связанные с необходимостью принудительного взыскания неустойки, предусмотренной абзацем первым или вторым настоящего пункта, в случае необоснованного уклонения либо отказа от ее уплаты.

18. За неисполнение или ненадлежащее исполнение обязательств по настоящему договору Стороны несут ответственность в соответствии с законодательством Российской Федерации.

19. Стороны освобождаются от ответственности за частичное или полное неисполнение обязательств по настоящему договору, если оно явилось следствием обстоятельств непреодолимой силы, возникших после подписания Сторонами настоящего договора и оказывающих непосредственное воздействие на выполнение Сторонами обязательств по настоящему договору.

VI. Порядок разрешения споров

20. Споры, которые могут возникнуть при исполнении, изменении и расторжении настоящего договора, Стороны разрешают в соответствии с законодательством Российской Федерации.

VII. Заключительные положения

21. Настоящий договор считается заключенным с даты поступления подписанного заявителем экземпляра настоящего договора в сетевую организацию.

22. Настоящий договор составлен и подписан в двух экземплярах, по одному для каждой из Сторон.

Реквизиты Сторон

Сетевая организация:	Юридический адрес
	Фактический адрес:
	ИНН КПП
	Р/с
	К/с
Заявитель:	Адрес регистрации:
	Фактический адрес:
	Паспорт:
	Телефон:
Сетевая организация: _____	Заявитель: _____