Секция 14

«НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГЕТИКИ»

СОДЕРЖАНИЕ

НАУЧНО - МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОГЕНЕРАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ
Ануфриенко О.С., канд. техн. наук, доцент 2870

ДИДАКТИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ БАКАЛАВРОВ В УСЛОВИЯХ ФГОС ВО Белянцева Н.В. 2878

ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД «АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ НАСОСНАЯ СТАНЦИЯ» Бессонов В.Г., канд. техн. наук, Безгин А.С., канд. техн. наук, Жумабаева Р.А. 2881

ПРОБЛЕМЫ СНИЖЕНИЯ КОММЕРЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СЕТЯХ Бикмухаметов Т.Н. 2886

АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ 10 КВ
Быковская Л.В. канд. техн. наук, доцент, Фёдоров И.С. 2889

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ Быковская Л.В., к.т.н., доцент, Чурикова Е.В. 2894

ФЕРРОРЕЗОНАНС В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ 6-35 кВ
Быковский В.В., к.т.н., доцент, Чабан А.В. 2900

ТЕХНОЛОГИЯ «УМНЫЙ ДОМ» Греков Э.Л., канд. техн. наук, доцент, Фирсов В.С. 2908

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ БАЗОВЫХ ДЕТАЛЕЙ КООРДИНАТНЫХ-ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ С ЧПУ
Греков Э.Л., канд. техн. наук, доцент, Янушкин М.В. 2914

РОЛЬ ПРЕДМЕТНО-МЕТОДИЧЕСКОЙ ПЛОЩАДКИ ПРЕДМЕТНО-ЦИКЛОВОЙ КОМИССИИ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ
Гусейнова Т.Н., Шамсутдинова С.А. 2920

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ИНТЕНСИВНОСТИ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ Ерунов В.П., канд. техн. наук, доцент 2927

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИН УЧЕБНОГО ПЛАНА Ерунов В.П., канд. техн. наук, доцент 2933

ИСТОРИЯ ВОПРОСА СТАТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ СИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ Ждан К.А. 2938

ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИКИ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ»
Задорожный В.Д., канд. техн. наук., доцент 2942

ОСОБЕННОСТИ НАГРЕВА И ОХЛАЖДЕНИЯ ПРОВОДНИКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ Иванов В.С., Мишенин В.В. 2946

АНАЛИЗ И ВНЕДРЕНИЕ BIM – ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ
Исингалеева А.У. 2950

АНАЛИЗ СТАТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ Каравайцев И.В. 2953

АЛГОРИТМ ПРОЦЕДУРЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТРЁХФАЗНЫХ СУХИХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ДЛЯ АБП Кутарёв А.М., канд. техн. наук, доцент, Падеев А.С., канд. техн. наук, доцент, Овчинников М.Е. 2958

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ЗАЗЕМЛЕНИЯ НА ЛАБОРАТОРНОМ СТЕНДЕ Лукавенко Е.А., Суховеев А.В., Шлейников В.Б., канд. техн. наук 2963

СОЛНЕЧНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ С СИСТЕМАМИ СЛЕЖЕНИЯ ЗА СОЛНЦЕМ Митрофанов С. В., канд. техн. наук, доцент, Байкасенов Д. К., Немальцев А. Ю*. 2966

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАГНИТОПРОВОДА ТРАНСФОРМАТОРА В КАЧЕСТВЕ УСТРОЙСТВА КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ
Нелюбов В.М., канд. техн. наук, доцент, Вороньжев И.Д. 2971

ПОСЛЕДСТВИЯ НЕКАЧЕСТВЕННОГО РЕМОНТА ОБМОТКИ СТАТОРА АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ Падеев А.С., канд. техн. наук, доцент, Сурков Д.В., канд. техн. наук 2974

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ПРЕДПРИЯТИЯ Сазонов Д.В., Шлейников В.Б., канд. техн. наук, доцент 2980

СТУДЕНТАМ О ПРОБЛЕМАХ С ЭЛЕКТРИЧЕСТВОМ И НЕ ТОЛЬКО
Саликов М.П., кандидат технических наук, доцент 2983

ВЕКТОРНАЯ ДИАГРАММА ДЛЯ СЛУЧАЯ ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ ОДНОГО ИЗ ТРЁХ ПРОВОДОВ ТРЁХФАЗНОЙ СЕТИ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ Саликов М.П., канд. техн. наук, доцент, Ямансарин И.И. канд. техн. наук, Еремеев И.К. 2989

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ВЫБОРА ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ
Семенова Л.А., доцент, канд.техн.наук, Аглуллин Р. Р. 2992

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ КОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ Семенова Л.А., канд. техн. наук, доцент, Казаков Д.С. 2995

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ РЕГИСТРОГРАММ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ Семенова Л.А., канд. техн. наук, доцент, Тавтилов Р.И. 2999

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТИПОВ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ Семенова Н.Г., канд. техн. наук, доцент, Веремеев А.А., Зеленцов Д.С. 3002

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МОЛНИЕПРИЕМНИКОВ Семёнова Н.Г., канд. техн. наук, доцент, Коннова А.А. 3006

ПРОБЛЕМЫ БОРЬБЫ С ГОЛОЛЕДНЫМИ ОБРАЗОВАНИЯМИ НА ПРОВОДАХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ Скрябина А.В. 3009

НАЛАДОЧНО – ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ КОМПЛЕКС НА БАЗЕ ОБОРУДОВАНИЯ ФИРМЫ «ОВЕН» Сорокин В.А., Крупский А.А. 3012

ВОЗМОЖНОСТЬ ПОСТРОЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРИВОДА С ФУНКЦИЕЙ ДИАГНОСТИКИ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ Соколов С.С., Новоселов И.А., Сурков Д.В., канд. техн. наук 3020

ОБЗОР МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ Новоселов И.А., Соколов С.С., Сурков Д.В., канд. техн. наук 3023

К РАСЧЕТУ МАГНИТНОГО ПОЛЯ АСИНХРОННОЙ МАШИНЫ ПРИ НАЛИЧИИ КОРОТКОЗАМКНУТЫХ ВИТКОВ В ОБМОТКЕ СТАТОРА Сурков Д.В., канд. техн. наук., Падеев А.С., канд. техн. наук., доцент 3028

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ НЕПРЕРЫВНОЙ ПОДГОТОВКИ ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ ДЛЯ «СТУДЕНТОВ-УСКОРЕННИКОВ» Ушакова Н.Ю., канд. техн. наук, доцент 3032

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОСВЕЩЕНИИ Фролова Е.В. 3036

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ РАСЧЁТА И ПОСТРОЕНИЯ 3D МОДЕЛИ ТРЁХФАЗНЫХ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ Гирфанов И.И., Циклер А.В, Безгин А.С., ассистент, канд.тех. наук 3040

АВТОМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НАРУЖНЫМ ОСВЕЩЕНИЕМ ТЕРРИТОРИИ ПРЕДПРИЯТИЯ Шлейников В.Б.,канд. техн. наук, доцент, Исхаков Т.М. 3045

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ СИСТЕМАМИ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ Щеников А. Г. 3049

НАУЧНО - МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОГЕНЕРАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ

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

Использование локальных когенерационных установок дополнит рынок энергоснабжения на базе сформированных сетей. При этом качество энергоснабжения, включающего электроснабжение и теплоснабжение, улучшатся. Объектами внедрения когенерационных установок на данный момент являются: промышленные производства, заводы, профилактории, больничные комплексы, жилищная сфера, станции перекачивания газа, компрессии, котельные. При применении местных, относительно небольших мини-ТЭЦ, решение вопроса обеспечения потребителей тепловой и электрической энергией без проводки мощных коммуникаций электропередач и теплопередач [1].

То обстоятельство, что источники энергии приближённы к потребителям, значительно снижает потери, возникающие при передаче энергии и улучшает её качество и повышает коэффициент использования энергии топлива. Когенерационные установки, таким образом, являются энергоэффективной альтернативой действующим тепловым сетям.

Это оказалось возможным при адаптивном изменении параметров теплоносителя в зависимости от потребности потребителя [2]. Окупаемость капитальных затрат на когенерационную систему реализуется раньше окупаемости капитальных вложений в системы подключения к тепловым сетям для новых предприятий.

Возврат инвестиций происходит быстро и имеет устойчивый характер.

Когенерационные установки могут быть использованы и для покрытия недостатка генерирующих мощностей [3]. Разница между затратами на энергоснабжение от сетей и энергоснабжение от автономного, локального установленного источника в том, что капитальные затраты на установки когенерации, связанные с приобретением систем, возмещаются, а затраты на подключение к сетям РАО ЕЭС теряются безвозвратно [4].

При внедрении локальной автономии, посредством когенерационной установки быстро восполняются, окупаются, по причине низкой себестоимости энергии и электрической, и тепловой. В среднем, полная компенсация капитальных и эксплуатационных затраты происходит в течение 1 – 4 лет. Такое осуществимо, когда мини – ТЭЦ производят энергоснабжение, питая необходимую нагрузку в непрерывном цикле работы, или, когда работа производится параллельно с сетью. Такое решение также выгодно для электрических и тепловых сетей. На рисунке 1 приведена базовая схема по распределению энергии газа для газопоршневого двигателя по двум видам энергоресурсов.

Электрическая сеть при подключении когенерационных установок к своим сетям приобретает дополнительную генерирующую мощность без капитальных затрат на возведение электростанции.

В этом случае энергетическая система может закупить дешёвую электроэнергию, чтобы впоследствии реализовать по принятому более выгодному тарифу. Аналогично поступают тепловые сети, закупая дешёвое тепло для продажи его потребителям действующих теплотрасс.

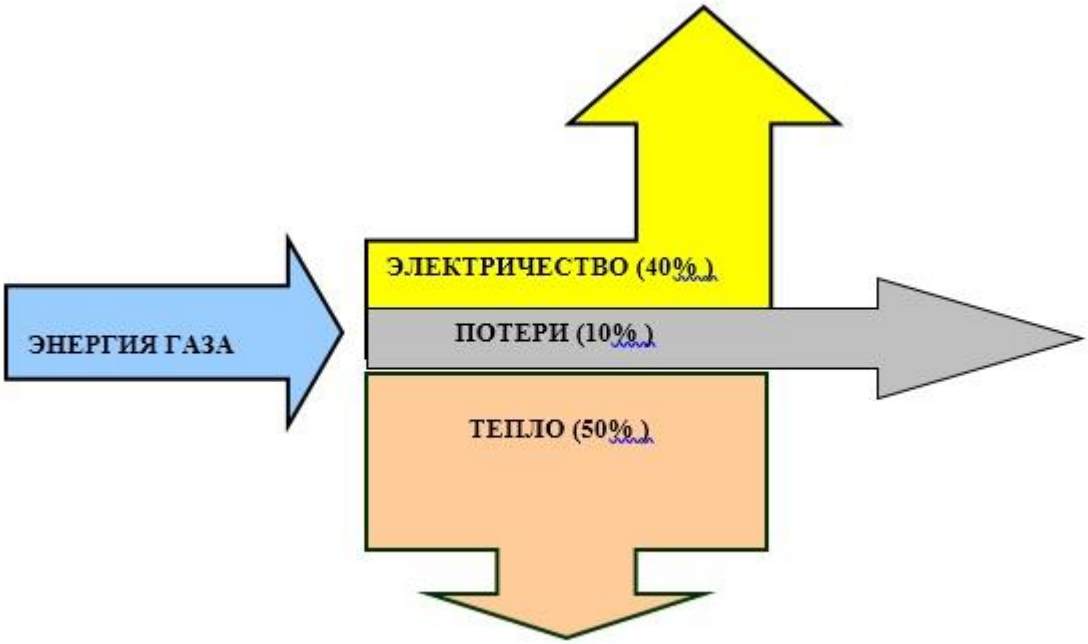


Рисунок 1 – Схема распределения энергии топлива

Децентрализация систем теплоснабжения имеет ряд проблем.

Например, по тепловой схеме, по использованию газа, стоимость которого растёт, несмотря на то, что он относится к самым дешёвым энергоносителям.

Решение всех вопросов должно производиться комплексно.

Преимущества газопоршневой когенерационной установки, работающей как мини – ТЭЦ, заключаются в автономном электро – и теплоснабжении объекта.

Потребитель должен сформировать достаточные условия по топливоснабжению и водоснабжении. (при наличии нагрузки по ГВС и вентиляции).

Приоритетной нагрузкой газопоршневой когенерационной установки является электроснабжение.

При использовании когенерационной установки в системе теплоснабжения – следует учитывать взаимосвязь по величине электрических нагрузок и тепловых нагрузок.

Максимумы и минимумы электрических и тепловых нагрузок могут не совпадать как в сезонном, так и в суточном графиках потребления.

Факт недоиспользования тепловой и электрической мощности мини – ТЭЦ в режимах, когда максимумы нагрузок не совпадают, резко понижает эффективность когенерационной установки в целом, в связи с чем, необходим поиск технических решений, позволяющих обнулить значительные нарушения в балансах электро – и теплопотребления.

К решениям по балансировке мощностей можно отнести внедрение установки отдельных теплогенераторов, работающих в “пиковом режиме” теплопотребления.

Такие решения могут значительно усложнить источник энергии для системы теплоснабжения, вызвать рост капитальных затрат на оборудование, увеличить амортизационные отчисления, эксплуатационные расходы, потребовать затраты средств на привлечение высококвалифицированного персонала.

Так, найдя решение по автономному источнику, следует учесть и компенсировать недостатки, а именно:

– высокую капитализацию затрат на оборудование, строительство и эксплуатацию когенерационных установок;

– низкий КПД по теплоносителю в летнее время;

– взаимосвязанность мощностей, тепловой и электрической;

– монтаже собственной трансформаторной подстанции;

– повышенный шум установки;

– уменьшенный ресурс эксплуатации и сравнительно малый межремонтный период (относительно котельного оборудования).

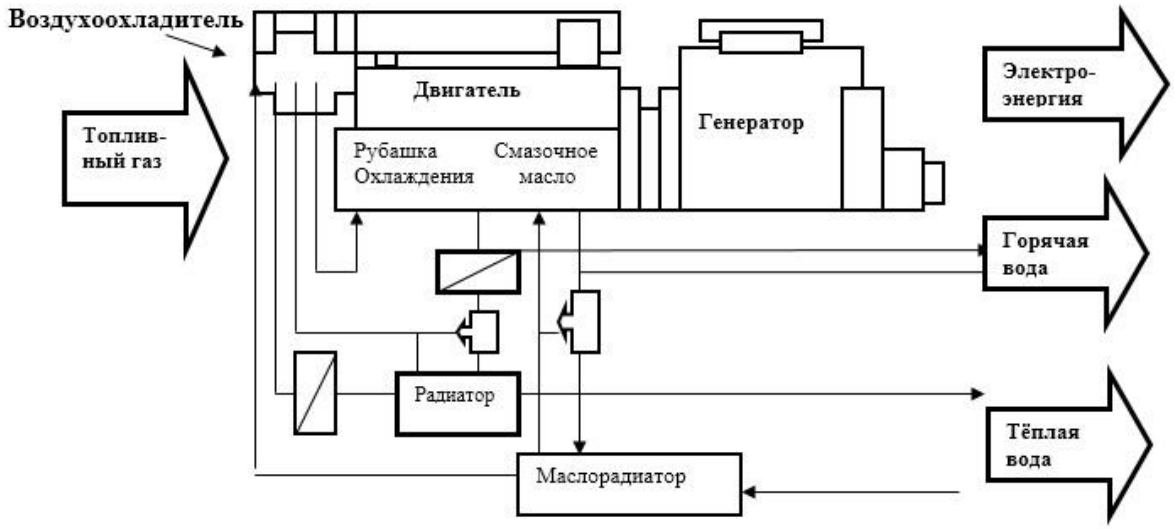


Рисунок 2 – Схема когенерационной установки мини – ТЭЦ

Указанные отрицательные факторы по когенерационным установкам препятствуют их повсеместному использованию [4].

Автономность энергоснабжения, как хорошая возможность технического решения, имеет отрицательные и положительные грани.

Децентрализованное теплоснабжение не должно и не может приниматься как альтернатива централизованному без технического обоснования и большой необходимости.

Так, например, технические условия по установке энергосберегающего оборудования когенерационных установок на современном этапе представляет комплекс, описанный ниже.

К ним относятся и требования по воде и газоснабжению, наличие специального помещения, разработанной инфраструктуры автоматики и сопряжения с сетями.

На рисунке 2 представлена структура компонентов и энергопотоков когенерационной установки.

Научно-методические основы проектирования блочной когенерационной установки для децентрализованной системы энергоснабжения представляют интерес с точки зрения практического использования решений для студентов энергетических специальностей на стадии курсового и дипломного проектирования, а также, решения частных задач электроэнергетики и теплоэнергетики.

Научно-методические основы комплексного проектирования децентрализованной системы энергоснабжения предприятия с когенерационными установками (мини-ТЭЦ) реализуются с учётом резервирования электрической энергии от ГПП микрорайона.

Целью проектирования обычно является разработка проекта децентрализованной системы энергоснабжения предприятия. К частным задачам относится формулировка исходных данных, сбор данных по теме исследования, реализация проектных расчётов по существующим нормам, обоснование принятых решений по проекту. Формулировка исходных данных производится с учётом частной постановки задачи, но должна, как минимум, ориентироваться на значения показателей предприятия за один из базовых периодов. Например, “Энергопотребление предприятия за год: теплопотребление $Q_т$ =62980,896 Гкал, электропотребление Qэ = 68608 МВт.·ч.”

На базе существующих норм теплоэнергетики и электроэнергетики проектирования блочной когенерационной установки для децентрализованной системы энергоснабжения частично воспроизводит этапы проектной деятельности в направлениях:

– Проектирование системы теплоснабжения промышленного предприятия;

– Проектирование системы электроснабжения промышленного предприятия;

– Проектирование электроснабжения микрорайона;

– Проектирование когенерационной установки (мини-ТЭЦ);

– Проектирование станций и подстанции;

Выбранные решения обосновываются.

Перечень раскрываемых вопросов комплексного проектирования.

1. На этапе постановки задачи проектных исследований приводится характеристика объекта проектирования, разрабатываются требования к источнику автономного энергоснабжения, производится обзор научной литературы и анализ перспективных направлений проектирования энергоснабжения на базе мини-ТЭЦ;

2. На этапе проектирования, подбора основного и вспомогательного оборудования выполняется теплотехнический расчёт энергопотребления предприятия, выполняется электротехнический расчёт предприятия, электротехнический расчёт микрорайона, проектируются подстанции;

3.Раскрывается методика расчёта автоматизированной когенерационной установки, производится выбор оборудования, разрабатываются мероприятия по энергосбережению.

4.Отдельно приводятся сведения по организации монтажных работ по установке когенерационного оборудования, правилам эксплуатации и ремонта источника тепловой и электрической энергии для предприятия.

5.Разрабатываются проектные варианты расчёта экономической эффективности проекта. Раскрываются вопросы методов и средств обеспечения безопасности на объекте

6.Разрабатываются мероприятия по охране окружающей среды.

В состав групп иллюстративного материала в обязательном порядке входят входят

а) Генплан предприятия. Схема расположения принципиальная;

б) Теплоснабжение предприятия. Схема гидравлическая принципиальная;

в) Графики тепловых и электрических нагрузок;

г) Электроснабжение предприятия. Схема электрическая однолиней-ная;

д) Мини-ТЭЦ. Схема расположения.

Состав комплексного проектирования может быть изложен в трёх частях, взаимосвязанных посредством мини-ТЭЦ, что позволяет объёмно представить проектную деятельность при решении вопросов энергоснабжения (водоснабжение, газоснабжение, теплоснабжение, электроснабжение, защиты и автоматика).

Первая часть посвящается проектированию систем теплоснабжения промышленного предприятия и, по укрупнённым показателям, потребления электрической энергии с проектированием когенерационной установки (КУ).

Во второй части рассчитывается мощность электроприёмников предприятия и выбирает мощность электрической станции на основе когенерационной установки.

В третьей части проектируется ГПП микрорайона с учётом резервирования при аварийных отключениях или профилактических работах когенерационных установок предприятия.

Рассмотрим базовый комплекс требований к источнику автономного энергоснабжения.

Основным требованием проекта обычно является сохранение коммуникаций и нагрузок по энергоснабжению. Этот фактор влияет на экономичность установки.

Работа автономной мини – ТЭЦ подразумевает параллельную работу агрегатов мини – ТЭЦ совместно с сетями.

Главное требование успешной работы – это соответствие минимумов и максимумов выработки энергии мини – ТЭЦ и потребления в различные сезоны работы в течение года.

Автономная мини – ТЭЦ подразумевает и изолированную работу когенерационных установок, как одной, так и нескольких в различные периоды и сезоны годовой потребности энергоносителей потребителями.

1.2.1 Требования к планировке и размещению здания мини-ТЭЦ.

Планировку и размещение здания мини – ТЭЦ и сооружений на промплощадке должно быть выполнено в соответствии с требованиями СНиП СНиП ((-89-80*.

Транспортная сеть района строительства представлена железными дорогами и автодорогами местного значения.

1.2.2 Требования к качеству циркуляторной воды.

Качество циркулирующей воды когенерационной установки является решающим фактором, оказывающим влияние на надежность эксплуатации когенерационной установки с точки зрения использования тепловой мощности. Отклонение от установленных параметров качества отопительной воды может вести к занесению теплообменников когенерационной установки и остальных частей вторичного контура, в результате чего может снизится работоспособность установки, или произойти непоправимое повреждение теплообменников установки.

Требования к качеству отопительной воды должны соответствовать ГОСТ 30813-2002.

Необходимо производить точное и своевременное дозирование химических веществ и проводить контроль дополнительной и циркулирующей воды.

1.2.2 Требования к контуру теплоснабжения по рабочему давлению.

Установки предназначены для подключения в отопительную систему с номинальным рабочим давлением $P_р$ = 600 кПа.

Для нормальной работы установки давление в системе на выходе когенерационной установки должно быть минимально $P_{ку\ min}$ = 100 кПа.

1.2.3 Требования к защитам теплового контура когенерационной установки.

На входе в установку следует поместить аварийный клапан с параметром давления, соответствующего номинальному давлению в контуре.

На трубопровод обратной воды в установку следует поместить фильтр для улавливания механических нечистот.

При необходимости работы при более высокой температуре на выходе и значительно более высокой тепловой мощности остальных источников тепла, можно вход и выход установки подключить на подвод обратной воды из другого источника тепла, а тепловую мощность когенерационной установки так использовать для предварительного подогрева. Проток через установку можно обеспечить насосом или дроссельным элементом в главный трубопровод из коллектора между трубопроводом на входе и выходе из установки.

1.2.4 Требования к автоматизации мини-ТЭЦ.

Объектом автоматизации является автономная мини – ТЭЦ предназначенная для работы с тепловой и электрической сетью, обеспечивающих теплом и электроэнергией предприятия.

Приборы по контролю уровня воды, температуре и расхода воды и газа следует использовать, поставляемые фирмой – поставщиком: (например) Мерлони Проджетти С.П.А., сигналы от приборов свести в контроллер оператора смены мини – ТЭЦ Fastwel WAGO I/O. Предусмотреть модемную передачу данных по выработке энергоносителей диспетчеру завода, а также данные о тревогах, аварийных и пожарных ситуациях.

В качестве расходомерного устройства могут быть использованы существующие диафрагмы по расходу воды, воздуха и топлива. В схеме автоматического регулирования следует предусмотреть регуляторы уровня воды в системе, а также регуляторы давления воды, регуляторы температуры воды на входе и выходе из системы, воздействующие на подачу топлива к горелкам. Для удобства эксплуатации целесообразно установить манометр на линии подвода газа к запальникам.

1.2.5 Требования к газоснабжению.

Ввод газопровода в здание мини – ТЭЦ осуществлять по существующей схеме. Следует установить отключающее устройство на вводе, которое предназначено для отключения подачи газа в случае ремонта или аварии агрегатов, а также при остановке на длительное время.

На газопроводах мини – ТЭЦ предусмотреть продувочные трубопроводы от наиболее удалённых от места ввода участков газопровода, а также от отводов к каждому агрегату.

Продувочные газопроводы должны обеспечивать удаление воздуха и газовоздушной смеси из газопроводов перед пуском когенерационных установок. Они вытесняют воздухом газ при ремонте или длительной остановке агрегатов. На продувочном газопроводе следует предусмотреть отключающее устройство. Продувочный газопровод должен быть выведен из здания мини – ТЭЦ на высоту не менее 1м, выше карниза крыши, в месте, где обеспечены безопасные условия для рассеивания газовоздушной смеси.

1.2.6 Требования к отоплению и вентиляции.

Расчетные параметры внутреннего воздуха в помещении приняты по [3].

Теплоснабжение систем отопления и вентиляции мини-ТЭЦ должно осуществляться за счет собственных нужд.

В качестве теплоносителя принять воду с параметрами t_1=90°C, t_2=70°C.

Отопление и вентиляция должны обеспечивать в здании КУ и необходимый микроклимат с влажностью воздуха 40…60%. В зоне постоянного пребывания обслуживающего персонала температура воздуха зимой не должна быть ниже 12°С, летом не превышает температуру наружного воздуха более, чем на 15°С температуры в основной зоне. Чтобы обеспечить чистоту воздуха и заданные климатические условия в производственном помещении, предусмотреть вентиляцию. Вентиляцию осуществлять удалением загрязненного из помещения и подачей в него свежего нового воздуха. Для этого в здании мини-ТЭЦ организовать естественный обмен воздуха, который поступает в помещение и удаляется через окна и двери, механическую вентиляцию, включающую вентиляторы и воздуховоды, обеспечивающую поддержание постоянного воздухообмена с кратностью 30 за час. ф

Так как обслуживание происходит при повышенных температурах, возможно применение и приточной вентиляции в виде воздушного охлаждения рабочих мест.

Использование когенерационных установок (КУ) проектируется обычно для промышленных предприятий.

При этом локальный источник обычно способен частично обеспечивать потребности микрорайон при аварийных отключениях энергосистемы ГПП.

В чрезвычайных ситуациях с отключением энергосистемы ГПП возможно отключение энергосистемы предприятия и обеспечение микрорайона половинной мощностью инфраструктуры микрорайона.

Список литературы

1. Домников, А.Ю. Конкурентное развитие территориальной системы когене-рации энергии / А.Ю. Домников // Научно-практический журнал «Российское предпринимательство». - М.: Изд-во «Креативная экономика», 2008. - №1. -0,4 п.л.

2. Домников, А.Ю. Организация финансирования инвестиционных проектов в территориальном энергогенерирующем комплексе / А.Ю. Домников // Научный информационно-аналитический экономический журнал «Экономика региона». - Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2007. - № 2. - 1,0 п.л.

3. Домников, А.Ю. Формирование и оценка эффективности механизма управления развитием региональной электроэнергетики / А.Ю. Домников // [Электронный ресурс] Вестник УГТУ-УПИ. Серия «Экономика и управление». - Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2006. - №8(86). - 0,6 п.л

4. Салихов А. А. Комбинированной выработке тепловой и электрической энергии зеленый свет! / Энергетик. 2003. № 2. С. 10-13

5. Салов В.Р. Паровой турбогенератор для мини-ТЭЦ мощностью 300 кВт/ Промышленная энергетика. 2006.-№ 5.-С. 23-24

ДИДАКТИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ БАКАЛАВРОВ В УСЛОВИЯХ ФГОС ВО

Белянцева Н.В.
Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ОГУ

Модернизация российского образования, в частности высшего, предусмотрена введением федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО). Одно из его направлений - повышение качества образования и достижение новых образовательных результатов.

Главная задача высших образовательных учреждений по подготовке бакалавров технических направлений в настоящее время является подготовка кадров соответствующего квалификационного уровня и профиля. Специалисты должны быть готовы к работе соответствующего уровня; должны уметь принимать решения и нести ответственность за их реализацию; должны быть компетентны в вопросах, касающихся их профессиональной подготовки; должны уметь находить решения на поставленные задачи и уметь формулировать задачи самостоятельно; готовы к постоянному профессиональному росту. Формирование профессионально значимых качеств в техническом вузе происходит в процессе обучения при освоении дисциплин всех циклов курса и особую роль здесь имеют дисциплины профессиональной подготовки, т.к. именно в ходе их изучения, обучающиеся приобретают знания, умения и навыки, необходимые им для дальнейшей деятельности.

Повышение результативности освоения программы и учет личных достижений обучающихся напрямую зависит от роста эффективности обучения. Традиционные средства контроля обучения (чертырехбальная шкала), используемые при оценивании результатов, позволяют выявить только средний уровень усвоения требуемых знаний, умений, навыков. Такое оценивание направлено на итоговую аттестацию знаний в период экзаменационных сессий. При этом в полной мере не учитывается качество усвоения дисциплины (так как опрос проводится по ограниченному количеству материала), не принимается в расчет регулярная работа в течении семестра, а также не предусматривается самостоятельная работа над модулями, частями изучаемого материала. Таким образом, личные достижения конкретного обучающегося на протяжении этапа изучения им учебной дисциплины становятся неважными. Поэтому в системе личностно-ориентированного обучения, где обучающийся рассматривается как субъект, а не как объект обучения, этого мало.

Соответственно, для реализации задач реформирования образования, потребовалось разработать особые критерии оценивания результатов обучения, чтобы иметь возможность оценить личностные достижения и творческие успехи обучающихся. К дидактическим средствам относятся все элементы учебной среды, используемые преподавателем для организации учебного

процесса, для реализации целей и задач, определенных рабочими программами к каждой конкретной дисциплине. Мне бы хотелось рассмотреть данный вопрос на примере дисциплины «Электрические машины». Она относится к базовой части дисциплин направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника. Рабочей программой определены цели и задачи освоения дисциплины. В качестве результатов указывается перечень знаний и умений, составляющих компетенции, которые предъявляются к оцениванию, из которых ясно, что обучающийся будет уметь делать по завершению обучения, каким стандартам будет соответствовать его деятельность или в каких условиях он сможет применить умения.

В условиях ФГОС ВО появляются мотивационно - ориентированные средства оценивания, обеспечивающие психофизиологическую ориентацию процесса обучения, стимулирующие воспитательные процессы, в т.ч. с использованием средств поощрения и наказания. В результате, дается оценка эффективности обучения, под которой в дидактике подразумеваются конкретные результаты взаимодействия преподавателя и обучающихся в ходе реализации спроектированных технологий обучения. Такая форма оценивания наиболее качественно осуществляется в условиях модульно-рейтинговой системы оценки. Рейтинговая система оценивания позволяет учесть успехи и личные особенности учебной деятельности каждого обучающегося на протяжении изучения им учебной дисциплины, а также отслеживать объективную динамику усвоения знаний и развития компетенций в течение семестра, учебного года и за все время обучения, повысить объективность оценки знаний.

Трудоемкость дисциплины «Электрические машины» составляет 8 зачетных единиц (288 академических часов). Структура дисциплины включает в себя различные формы – это лекции и практические занятия, лабораторные работы и задания для самостоятельного обучения. Вся дисциплина разбита на четыре основных модуля, по каждому предусмотрен комплекс форм отчетности и оценивания. По теоретической части курса разработаны тестовые задания, по практическим занятиям – решение задач и курсовое проектирование, при подготовке к лабораторным работам, обучающиеся должны выполнить задания коллоквиума, в виде устного собеседования или письменной работы. Так же в ходе изучения дисциплины предусмотрены контрольные работы, как средство для промежуточной проверки знаний и умений решения задач по каждому конкретному модулю дисциплины; подготовка докладов по темам, не предусмотренным стандартом, но представляющим профессиональный интерес для будущих энергетиков, в результате представления докладов, пусть и перед ограниченной аудиторией, обучающиеся учатся выступать публично; написание научных статей для конференций различного уровня, отражающих как уровень владения студента учебным материалом, так и сформированность общих умений подбора информации. В соответствии с вышесказанным становится очевидным, что по каждому модулю дисциплины, возможно

провести различные виды контроля и оценивания, что дает возможность добиться поставленных целей и задач.

Бально-рейтинговая система дает возможность преподавателю более полно и в большем объеме проверить текущие знания и умения обучающихся, позволяет четко планировать учебный процесс и вносить коррективы при ненадлежащем качестве усвоения дисциплины в результате постоянного контроля и оценивания результатов. Итоговая оценка по дисциплине становится комплексной, учитывающей многие параметры, в том числе систематическую работу обучающегося, что невозможно при традиционной системе оценивания. По итогам каждого модуля, а также сессии, появляется возможность ранжирования студентов (определение лучших) в пределах академической группы по каждой дисциплине, что для многих является стимулом к повышению рейтинга, следовательно, к качественному обучению. Приведу пример, во время семестра в группе выделялись два явных лидера, к ним примыкающий третий, а остальные обучающиеся показывали равнозначный уровень подготовки. На экзамене во второй подгруппе появился аутсайдер. Студент оказался морально не готов к этой роли, смог собраться, приложить дополнительные усилия и исправить свое незавидное положение.

Бально-рейтинговая система способствует обеспечению непрерывного контроля знаний и умений, полноценного объективного оценивания полученных знаний (с учетом личностного роста) как по отдельной дисциплине, так и по всем дисциплинам семестра, да и все прошедшие семестры.

ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД «АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ НАСОСНАЯ СТАНЦИЯ»

Бессонов В.Г., канд. техн. наук, Безгин А.С., канд. техн. наук, Жумабаева Р.А.
Оренбургский государственный университет

В данном докладе представлен разработанный на кафедре автоматизированного электропривода, электромеханики и электротехники ОГУ лабораторный стенд насосной станции. Гидравлическая схема установки представлена на рисунке 1.

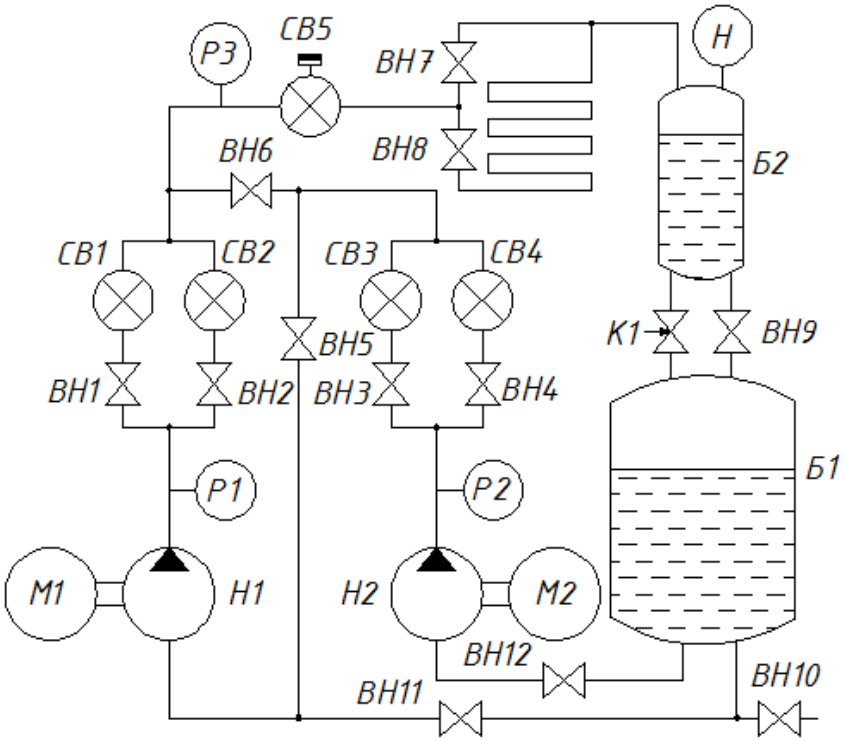


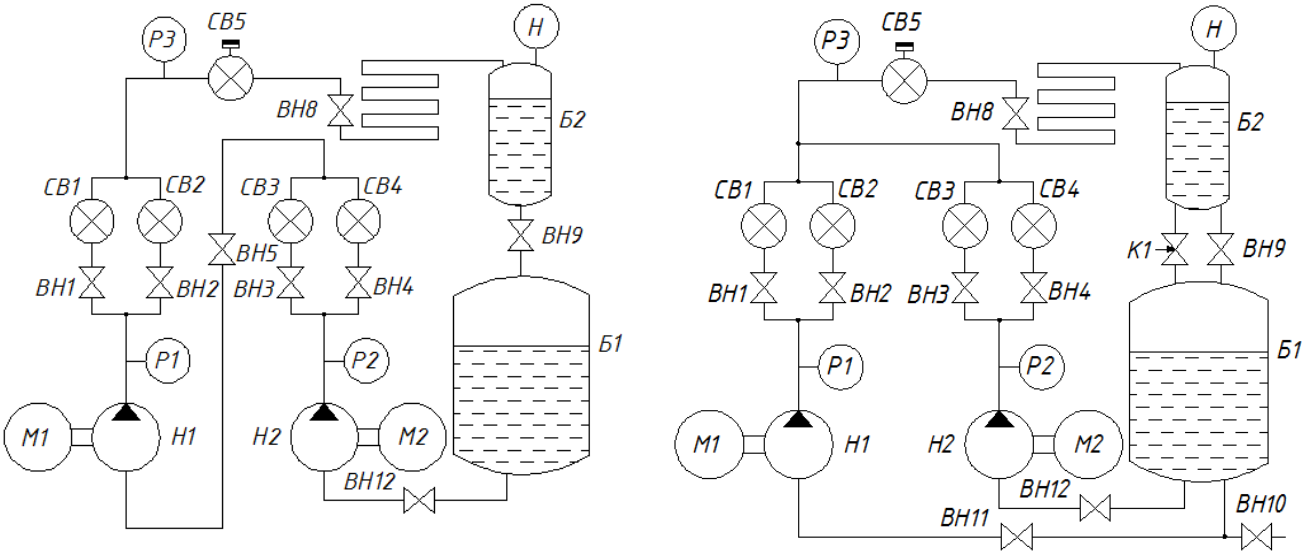
Рисунок 1 – Насосная станция. Схема гидравлическая принципиальная

Спроектированный стенд позволяет исследовать характеристики насосов при одиночном, последовательном и параллельном включении, а также построить характеристики насосов при частотном способе регулирования скорости.

Циркуляция воды в стенде будет происходить с помощью двух насосов небольшой мощности Н1 и Н2.

Последовательный режим работы, представленный на рисунке 2 а), предполагает одновременную работу двух насосов. Для этого необходимо закрыть вентили ВН11 и ВН6, тогда вода будет проходить от одного насоса Н2, через вентиль ВН5 к насосу Н1.

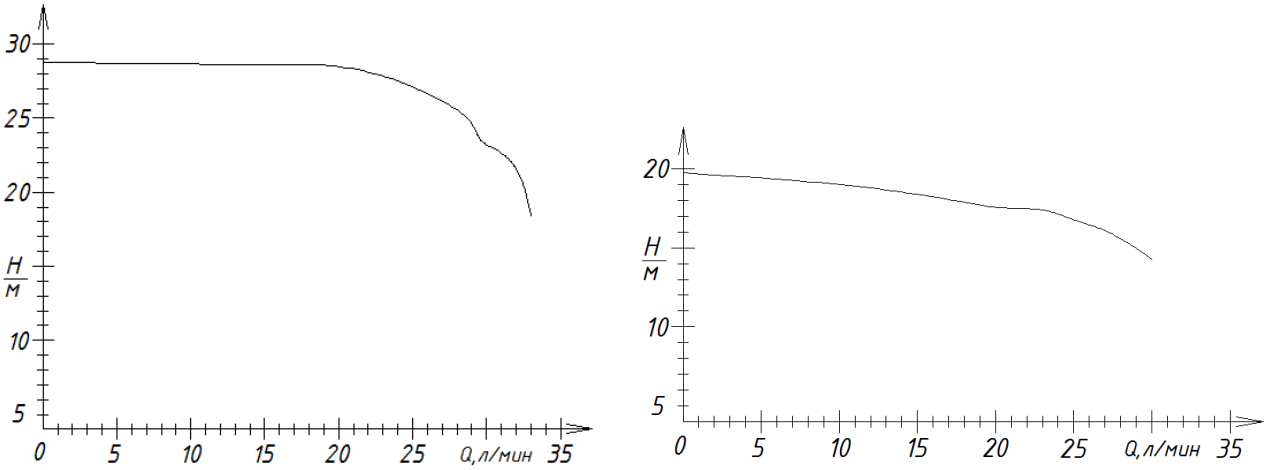
При параллельном режиме работы (рисунок 2, б), как и при последовательном двигатели работают одновременно. При данном режиме закрываются вентили ВН5, ВН6 и ВН7, тем самым создавая большое давление на датчике Р3.



а) б)

Рисунок 2 – Режимы работы насосной станции

Основными техническими данными, характеризующими работу насосов, являются подача Q и напор H. Q-H характеристики работы насоса представлены на рисунке 3 (а – при последовательной и б – при параллельной работе насосов).



а) б)

Рисунок 3 - Q-H характеристики насоса при разных режимах работы

Одиночный режим работы характеризуется работой одного из насосов, при этом все вентили не участвующие в работе закрываются. Q-H характеристика при одиночном режиме работы насоса представлена на рисунке 4.

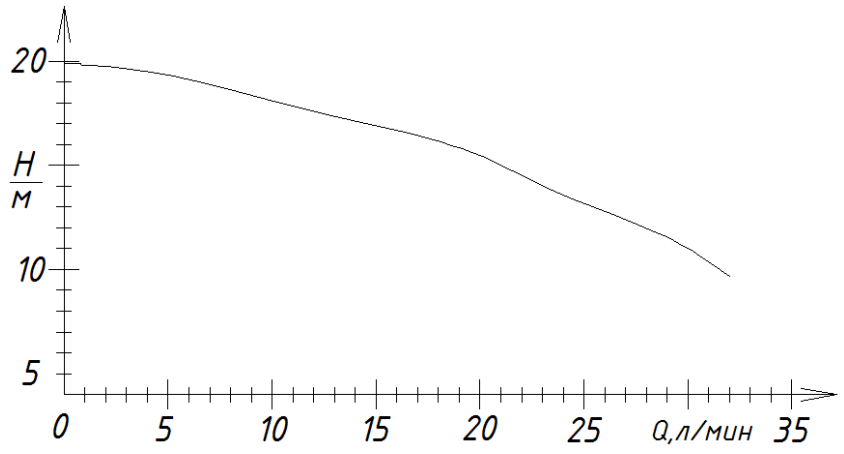
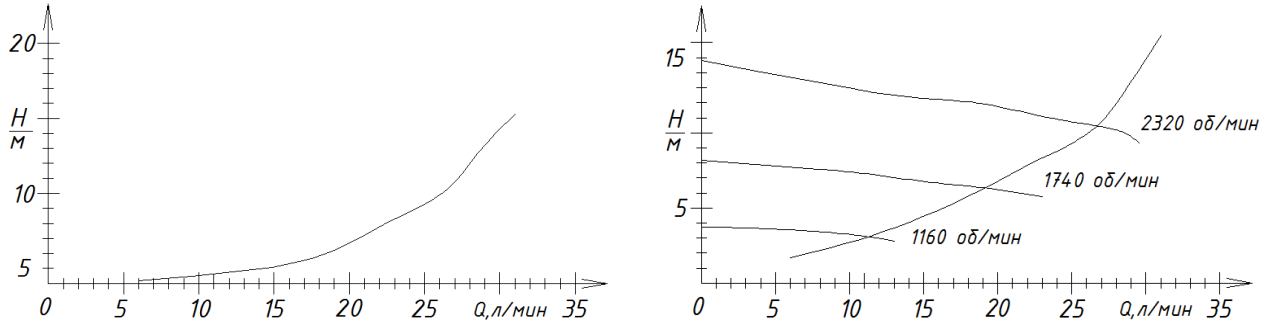


Рисунок 4 - Q-H характеристика при одиночной работе насоса

На рисунке 5 представлены характеристика магистрали а) и характеристики насоса б) при частотном способе регулирования скорости (20, 30 и 40Гц).



а) б)

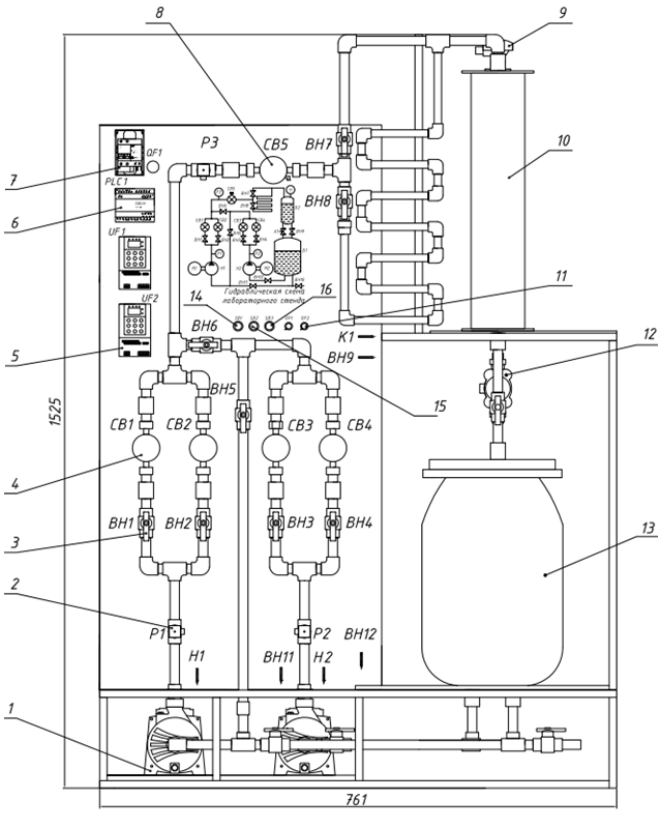
Рисунок 3 - Q-H характеристики работы насоса

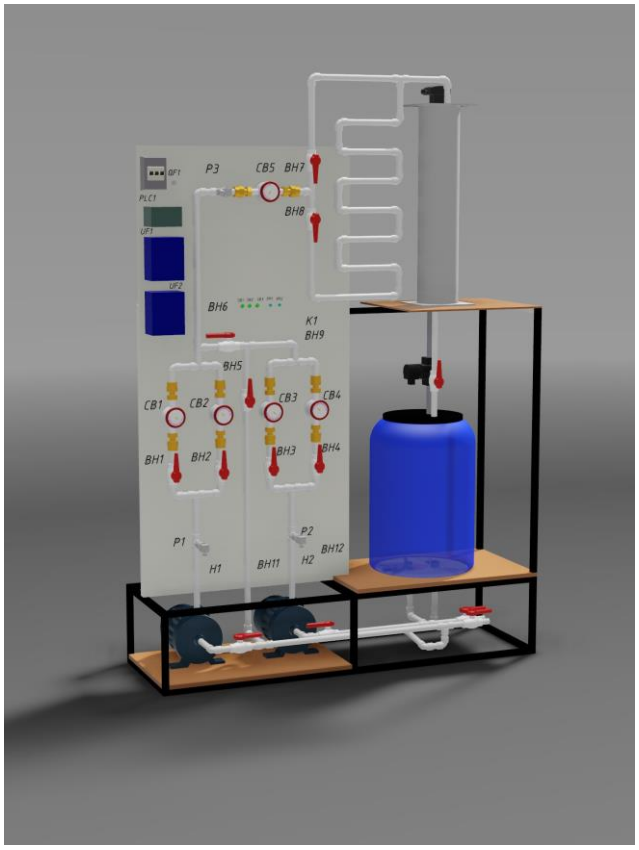
На рисунке 4 представлена конструкция лабораторного стенда. Для легкого доступа преобразователи частоты 5, программируемый логический контроллер 6 расположены в верхнем левом углу. Определение подачи будет осуществляться с помощью счетчиков воды СВ1 –СВ5. Циркуляция воды будет происходить по конструкции собранной из пластиковых труб.

Сопротивление в трубопроводе будет достигаться с помощью змеевика, где диаметр трубы меньше по – сравнению с основными трубами.

Внутри емкости 10 расположен датчик уровня 9. На выходе из емкости находятся электромагнитный клапан 12 и вентиль ВН9. Слив воды происходит в емкость 13. Для ручного режима работы лабораторного стенда имеется: кнопка включения 14, кнопка отключения 15, кнопка принудительного слива воды 16, когда уровень в емкости 10 превышает заданный уровень, два

подстроечных резистора, которыми можно регулировать скорость вращения двигателей насосов.





1 – двигатель; 2 - преобразователь давления; 3 – вентиль; 4 – счетчик воды; 5 – преобразователь частоты; 6 – программируемый логический контроллер; 7 – автоматический выключатель; 8 – импульсный счетчик воды; 9 – датчик уровня; 10 – емкость на 25 литров; 11 – построечный резистор; 12 – электромагнитный клапан; 13 - емкость на 65 литров; 14 – кнопка включения; 15 – кнопка выключения; 16 - кнопка принудительного слива

Рисунок 5 – Конструкция лабораторного стенда

Для контроля давления, при выходе воды из насосов, а также после соединения двух труб в одну, используются преобразователи давления P1-P3, которые преобразуют давление измеряемой среды в унифицированный токовый сигнал.

Расход жидкости осуществляется с помощью счетчиков воды CB1 – CB5.

Сопротивление в трубопроводе будет достигаться с помощью змеевика, где диаметр трубы меньше по – сравнению с основными трубами. Регулирование потоком жидкости происходит при помощи вентилей BH7 и BH8.

Конструкция стенда предполагается размещение двух емкостей Б1 и Б2. Б1 служит для хранения воды, а Б2 требуется, чтобы знать уровень внутри емкости, при помощи датчика уровня. При изменении уровня жидкости поплавок, внутри емкости перемещается по стержню, замыкая те или иные

герконы, расположенные на стержне, которые передают информацию на персональный компьютер о достигшем положении.

Жидкость из емкости Б2 поступает в Б1 по трубам, где имеется одна регулируемая задвижка ВН9 и электромагнитный К1 клапан, который будет открывать или перекрывать поток рабочей жидкости при поступлении на катушку клапана управляющего напряжения. Вентиль ВН10 служит для слива воды.

Для обеспечения функции автоматизации: контроль и управление, обмен данными, обработку, накопление и хранение информации, формирование сигналов тревог, построение графиков и отчетов, используется продукция российского производителя компании ОВЕН, надежно зарекомендовавшую себя на отечественном рынке [1]. Продукция имеет высокую надежность и простоту использования. Компания ОВЕН предлагает линейку программируемых логических контроллеров (ПЛК) с мощными аппаратными ресурсами, широкими вычислительными и программными возможностями, большим объёмом памяти и развитой структурой интерфейсов. Итак, для решения задачи создания автоматизированной системы применяется ПЛК 154.

Контроль давления будет осуществляться датчиком ПД100, который предназначен для преобразования давления измеряемой среды в унифицированный сигнал тока 4..20мА.

Для циркуляции воды из одной емкости в другой используются центробежные насосы Pedrollo CP 130.

При работе с асинхронным двигателем преобразователь частоты следует выбирать с соответствующей мощностью. В лабораторном стенде используется преобразователь частоты ESQ 800 (0,4 кВт).

Для определения уровня жидкости в емкости используется датчик уровня марки ОВЕН ПДУ-И.

Список литературы

1. http://www.owen.ru/ Официальный сайт компании «ОВЕН» - производителя оборудования для автоматизации.

ПРОБЛЕМЫ СНИЖЕНИЯ КОММЕРЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СЕТЯХ

Бикмухаметов Т.Н.
Оренбургский государственный университет

Учет ресурсов электроэнергии, представляется основой для повышения и электросбережения энергоэффективности России. Без организации системы верного учета электроэнергии, которая поступает в электрические сети, отпускается из сетей и полезно потребляется, нельзя с достаточной точностью рассчитать не только балансы электроэнергии по ступеням напряжения и по сети в целом, но и фактические и технические потери. Также это позволит обозначить места “очагов потерь” для корректного выбора мероприятий по снижению потерь. Фактический эффект от реализации электросберегающих мероприятий также невозможно определить без точных данных об учете энергии. Если кратко – измерения должны быть достоверны, чтобы результативно экономить электроэнергию. Основные требования обеспечения контроля используемых энергоресурсов и применения приборов учета за энергетическими ресурсами для проведения расчетов сформулированы в ст.13 Федерального Закона РФ от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ “Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации” (далее ФЗ 261). Для полноценного выполнения данных требований в сроки, установленные ФЗ 261, нужно решить ряд проблем, которые связанны, в основном, с сформированием на розничных рынках электроэнергии электроучета в распределительных электрических сетях (0,4-10 кВ).

Снижение потерь электроэнергии в распредсетях, как и любое другое энергосбережение, невозможно без точной системы контроля электроэнергии, без автоматизирования системы и всяческое устранение “человеческого фактора” в процессе регистрации и измерения электрической энергии, без объединения автоматизированных систем оперативного контроля и управления режимами электрических сетей с автоматизированными системами учета электроэнергии. В данной статье представлены основные проблемы современного контроля энергии в городских сетях и пути решения, направленные на развитие интеллектуальных систем от традиционных систем учета к современным.

Учет электрической энергии на базе интегральных приборов учета, который преобладает в настоящее время, не позволяет эффективно отслеживать количество транспортированной энергии как товара по всему ее электротехнологическому циклу, оперативно составлять балансы электрической энергии и выявлять очаги максимальных потерь по объектам сетевых компаний, подготовить корректные расчеты потребленной энергии, прогнозировать и оптимизировать электропотребление. Поэтому концепция учета электроэнергии постоянно модернизируются, на объектах

устанавливаются современные системы и средства учета, основанные на использовании алгоритмов автоматизации контроля электрической энергии.

Преобладающее количество устройств учета электрической энергии, которое предлагает современный рынок, интерфейсов связующих узлов и способов передачи данных нуждаются в выработке общей технологической политики по выбору и использованию систем учета электрической энергии с целью более полного и эффективного решения задач контроля отпущенной и потребленной электроэнергии. Модернизированные комплексы учета также должны соответствовать авторитетным современным международным нормам и правилам.

Коммерческий учет электроэнергии базируется на:

1) организации расчетных систем учета электроэнергии на балансовой границе принадлежности и в электрических установках сетевых компаний;

2) внедрении и модернизации средств учета с применением микроэлектронных счетчиков электроэнергии;

3) внедрении системы учета электроэнергии, которые недоступны для потребителей (ПКУЭ, ПУ на опоре ВЛ).

Организованная система учета электроэнергии применяется для:

- определения потерь электроэнергии в линиях электропередач;
- контроля достоверности информации об энергопотреблении;
- снижения (оптимизации) потерь электроэнергии.

В современных условиях коммерческие потери составляют четверть от общих потерь электроэнергии, которые обусловлены индивидуальными причинами, погрешностями средств учета электрической энергии и ее неоплачиваемое потребление. И соответственно неизбежен дальнейший рост потерь, если не принимать, эффективных мер по их снижению. Причем мероприятия необходимо реализовывать в распределительных сетях всех классов напряжения.

Сокращение потерь электрической энергии в распред сетях — основная задача, решение которой необходимо для повышения эффективности работы сетевых организаций, основной источник для сокращения производственных издержек.

Ввод современных IT – технологий позволяет получать дополнительные сведения о схемных особенностях сетей и режимах их работы, которые используются при оценке потерь электроэнергии, которые требуют дополнительные исследования с целью разработки оперативных методов расчетов.

Список литературы

1. Федеральный Закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»: Принят Гос. Думой 11 ноября 2009 г.; одобрен Советом Федерации 18 ноября

2009 г. // Консультант Плюс [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru

2. *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.*

3. *Макаров, Е.Ф. Справочник по электрическим сетям 0,4-35 кВ и 110-1150 кВ : учеб.-произв. изд. В 6 т. Т. 4-6 - М. : Папирус Про, 2005.*

4. *Елгин, А.А. Производство и передача электроэнергии : учеб. пособие.- Тольятти : ТГУ, 2008.*

5. *Железко, Ю.С. Принципы нормирования потерь электроэнергии в электрических сетях и программное обеспечение расчетов. - Электрические станции, 2001, №9, с.33-38.*

6. *Галанов, В.П. Влияние качества электроэнергии на уровень ее потерь в сетях. - Электрические станции, 2001, №5, с.54-63.*

АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ 10 КВ

Быковская Л.В. канд. техн. наук, доцент, Фёдоров И.С.
Оренбургский государственный университет

Активное развитие цифровой и микропроцессорной техники в последние годы привело к ее широкому использованию в электроэнергетике, модернизации механизмов релейной защиты и блоков управления. Аналогово-цифровая аппаратура чувствительна к помехам, причинами которых являются токи, протекающие в распределительных устройствах, разряды молний, переходные процессы, возникающие в результате коммутаций, короткие замыкания. Малые расстояния между токопроводящими элементами силовых установок и электронными устройствами, чувствительными к электромагнитным полям общепромышленной частоты, приводят к проблемам возникновения нарушений электромагнитной совместимости (ЭМС) устройств. В результате снижается надежность работы электронной аппаратуры, возрастает количество ложных срабатываний и отказов в работе [1].

Проанализировав современные источники, можно сделать вывод о недостаточности сведений по расчетам электромагнитных полей промышленной частоты в комплектных распределительных устройствах (КРУ) от трехфазных шин токов до 4 кА с напряжением 6(10) кВ. В состав КРУ входят компоненты, чувствительные к ЭМП, вследствие чего возникают проблемы электромагнитной совместимости. [2,3]

Решение этих проблем является важной задачей для сохранения надежности энергосистемы Российской Федерации. Сказанное выше определяет актуальность проводимого исследования и позволяет сформулировать его цель.

Целью работы является анализ и усовершенствование методов расчета электромагнитного поля промышленной частоты комплектного распределительного устройства и другого оборудования с учетом выполнения условий электромагнитной совместимости в энергосистемах.

Для достижения поставленных целей следует выполнить следующие научные и практические задачи:

- провести эксперименты по исследованию изменения напряженности электромагнитного поля для отдельных проводников определенной длины, характерной для ячеек КРУ, в зависимости от поперечного сечения шин, расстояния до объекта и величины рабочего тока;
- проанализировать электромагнитную обстановку (ЭМО) по электрическим и магнитным полям промышленной частоты в комплектных распределительных устройствах и оценить нормативные требования по выполнению условий ЭМС;
- разработать математическую модель для определения величин суммарных напряженностей электромагнитных полей от трехфазных шин

прямоугольного и круглого сечения для решения задач выполнения условий ЭМС технических устройств, расположенных в плоскости параллельной трехфазным шинам для симметричных и несимметричных режимов работы электрической сети;

- разработать математическую модель определения суммарных напряженностей электромагнитного поля от трехфазных шин с металлическими экранами, применяемыми в комплектных распределительных устройствах, для решения задач выполнения условий ЭМС ТС, расположенных в плоскости параллельной трехфазным шинам;

- разработать практические мероприятия и рекомендации по выполнению условий электромагнитной совместимости по электромагнитным полям промышленной частоты от токов трехфазных шин для технических устройств с учетом их расположения в пространстве, режимов работы электрической сети, геометрических размеров и магнитных свойств металлических экранов;

- сделать математическое обоснование соответствия условиям ЭМС по электромагнитным полям промышленной частоты для технических устройств ряда эксплуатируемых ячеек комплектных распределительных устройств.

Новизна проводимого исследования будет заключаться в следующем:

- определяется зависимость изменения напряженности электромагнитного поля, создаваемого проводниками с током частотой 50 Гц, от формы сечения одиночных проводников с учетом их длины, и расположения в окружающем пространстве;

- разрабатывается математическая модель и метод расчета, интегрирующий напряженности электрического и магнитного полей, создаваемых трехфазными токами шин комплектных распределительных устройств - 6(10) кВ в плоскости, параллельной расположению шин круглого и прямоугольного сечения, для симметричного и несимметричного режимов работы электрической сети;

- разрабатывается математическая модель вычисления суммарных напряженностей электромагнитных полей частотой 50 Гц от трехфазных шин с токами с учетом влияния металлических экранов в комплектных распределительных устройствах 6(10) кВ;

- будет определен метод расчета суммарных напряженностей электромагнитных полей частотой 50 Гц, основной особенностью которого должен быть учет расстояния между шинами, сечение шин и расстояние от шины до устройств релейной защиты.

С точки зрения применения на практике ценность проводимого исследования заключается в следующем:

- будет проведена оценка электромагнитной обстановки на действующих комплектных распределительных устройствах с целью выявления нарушений условий электромагнитной совместимости по электрическим и магнитным полям частотой 50 Гц;

- будут определены мероприятия и рекомендации по выполнению электромагнитной совместимости для технических устройств в комплектных

распределительных устройствах 6(10) кВ при наличии нарушений, обусловленных электромагнитными полями частотой 50 Гц от трехфазных шин с симметричными и несимметричными режимами работы;

- будут даны практические рекомендации по выполнению условий электромагнитной совместимости по электромагнитным полям частотой 50 Гц от токов трехфазных шин для технических средств с учетом их расположения в окружающем пространстве, геометрических размеров и магнитных свойств металлических экранов для комплектных распределительных устройств различного конструктивного исполнения.

Обзор статей и научно-исследовательских работ, по теме исследования показал следующее:

В результате более 2000 замеров картины магнитного поля в распределительных устройствах на 11 подстанциях 110/10(6) кВ г. Кургана [2, 6] были 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 10(6) кВ необходимо:

1) рассматривать совместное воздействие магнитного поля промышленной частоты и высокочастотных гармоник;
2) учитывать конструкцию распределительного устройства, типы ячеек комплектных распределительных устройств (расположение токоведущих частей в ячейке), виды работ обслуживающего персонала, выполняемых в распределительных устройствах;
3) особое внимание следует уделить вводным ячейкам, ячейкам наиболее загруженных отходящих линий и ячейкам, не помещенным в металлические кожухи;
4) проводить измерения в непосредственной близости окон при их наличии.

Моделирование магнитного поля, созданного током электроустановки, позволит определить уровень напряженности магнитного поля на рабочих местах на этапе проектирования распределительных устройств.

На основании результатов измерения [4,7] напряженностей электрического и магнитного полей в диапазоне частот от 5 до 2000 Гц на открытых распределительных устройствах напряжением 500, 220, 110 кВ, выполненных для оценки возможного вредного воздействия на обслуживающий персонал, сделан вывод о том, что уровень магнитного поля частотой 50 Гц существенно превышает уровень поля на прочих частотах диапазона от 5 до 2000 Гц, следовательно, при оценке условий труда и проектировании средств защиты нет необходимости учитывать наличие на открытом распределительном устройстве составляющих поля, имеющих частоту, отличную от 50 Гц.

В работах [5,8] проведен анализ влияния интенсивного использования электрической и магнитной энергии на окружающую среду и здоровье

человека. Оценивается перспектива математического моделирования электромагнитных полей электроустановок. Приводится конкретный пример расчета потенциала и напряженности электрического и магнитного полей воздушной трехпроводной линии электропередачи высокого напряжения

Выводы: все приведенные статьи, в основном, раскрывают суть влияния электромагнитных полей на человека и персонал, обслуживающий открытые распределительные устройства, а в закрытых распределительных устройствах и распределительных пунктах проводится мало исследований в области влияния этого вида поля на оборудование данной электроустановки.

Таким образом, опытных данных и информации о распределении электромагнитного поля и его влияние на оборудование в распределительных устройствах на напряжение 10 кВ практически нет. Необходимо разработать физическую модель распределения электромагнитного поля в распределительном устройстве 10 кВ, а также проанализировать влияние поля на основное оборудование рассматриваемой электроустановки.

Список литературы

1. *Халилов Ф.Х. Электромагнитная совместимость электроэнергетики, техносферы и биосферы. Учебное пособие. СПб.: Издание НОУ «Центр подготовки кадров энергетики», 2014 - 190 с.*
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. *Электромагнитные поля и здоровье человека. Фундаментальные и прикладные исследования // Материалы третьей научной конференции. М., СПб, 2002. 124с.*
4. *СанПиН 2.2.4.1191-03. Физические факторы производственной среды. Электромагнитные поля в производственных условиях. – М.: Министерство здравоохранения Российской Федерации, 2003. – 17 с.*
5. *Хабигер Э. Электромагнитная совместимость. Основы ее обеспечения в технике. Под ред. Б.К. Максимова. М., Энергоатомиздат, 1995. – 216 с.*
6. *А.В. Коржов и О.М. Малышева «Определение опасных зон в распределительных устройствах 10(6) кВ по условиям воздействия магнитной составляющей электромагнитного поля на персонал, обслуживающий подстанции 110/10(6) кВ» - Режим доступа - http://dspace.susu.ac.ru/handle/0001.74/2034 - 10.11.2017.*
7. *Окраинская, И. С. Электрические и магнитные поля непромышленной частоты на открытом распределительном устройстве / И. С. Окраинская, А. И. Сидоров, В. Н. Непопалов // Вестн. ЮУрГУ – 2011. – 19 мар. (№ 15). – С. 8-13.*
8. *Сивяков, Б. К. Математическое моделирование электромагнитного поля электроустановок/ Б. К. Сивяков, О.С. Аврясов // Вестн. СГТУ - 2010. – 13 дек. (№3, том 4). – С. 74-76.*

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

Быковская Л.В., к.т.н., доцент, Чурикова Е.В.
Оренбургский государственный университет

Моделирование и расчет электромагнитных полей, излучаемых различными устройствами, является актуальной задачей. Знание уровня напряженности электромагнитного поля (ЭМП) позволяет принять верное решение при проектировании объектов энергосистем и жилых зданий, исключить вредное воздействие излучения на живые организмы и электромагнитные устройства.

Изучаемые в курсе теоретических основ электротехники основные свойства и методы расчета ЭМП, предполагают качественное и количественное исследование ЭМП, встречающихся в электротехнических, радиоэлектронных и биомедицинских устройствах. Наиболее пригодными для решения этих задач считаются уравнения электродинамики в интегральной и дифференциальной формах. Математический аппарат теории электромагнитного поля (ТЭМП) базируется на теории скалярного поля, дифференциальном и интегральном исчислениях, а также на векторном и тензорном анализе.

В настоящее время нечеткое моделирование является одним из наиболее перспективных направлений прикладных исследований в области принятия решений. Нечеткое моделирование оказывается особенно полезным, если в описании технических систем и процессов существует неопределенность, которая затрудняет или даже исключает применение точных количественных методов и подходов. Диапазон применения нечетких методов с каждым годом расширяется [1, 2].

Нечеткая логика служит основой для реализации методов нечеткого управления и точнее описывает характер человеческого мышления и ход его рассуждений, чем традиционные формально-логические системы.

Нечеткие множества — инструмент для исследований довольно непривычный, сравнительно новый.

Применим теорию нечетких множеств для оценки влияния электромагнитного поля. Используя программу FuzzyLogic, решим данную задачу. Пакет прикладных программ Fuzzy Logic относится к теории нечетких (размытых) множеств. В нем обеспечивается поддержка современных методов нечеткой кластеризации и адаптивных нечетких нейронных сетей. Графические средства пакета позволяют интерактивно отслеживать особенности поведения системы. Алгоритм Мамдани, заложенный в работу программы, работает по принципу «черного ящика»: на вход поступают количественные значения, на выходе получаются они же. На промежуточных этапах используется аппарат нечеткой логики и теория нечетких множеств. В этом и состоит основное преимущество использования нечетких систем. Можно оперировать

привычными числовыми данными, но при этом использовать гибкие возможности, которые предоставляют системы нечеткого вывода [2, 3].

Для оценки влияния электромагнитного поля зададим две входные переменные (электрическое и магнитное поле) и одну выходную (электромагнитное поле). Для каждой входной и выходной переменных даны по три терма. В свою очередь для каждого терма есть свой диапазон значений. Все эти данные задаем в программе. После того, как начальные данные готовы, необходимо задать правила. Изменяя диапазоны входных переменных, получаем результат в программе FuzzyLogic.

Переменные, термы и диапазоны представлены в таблице 1.

Реализация в программе представлена на рисунках 1-6.

Таблица 1- Переменные, термы и их диапазоны

Наименование переменной	Наименование терма	Диапазон
Электрическое поле (входная переменная)	Не вредное	0-1
	Предельное	1
	Вредное	1-2
Магнитное поле (входная переменная)	Не критическое	0-5
	Предельное	5
	Критическое	5-10
ЭМП (выходная переменная)	Не опасное	0-5
	Предельное	5
	Опасное	5-10

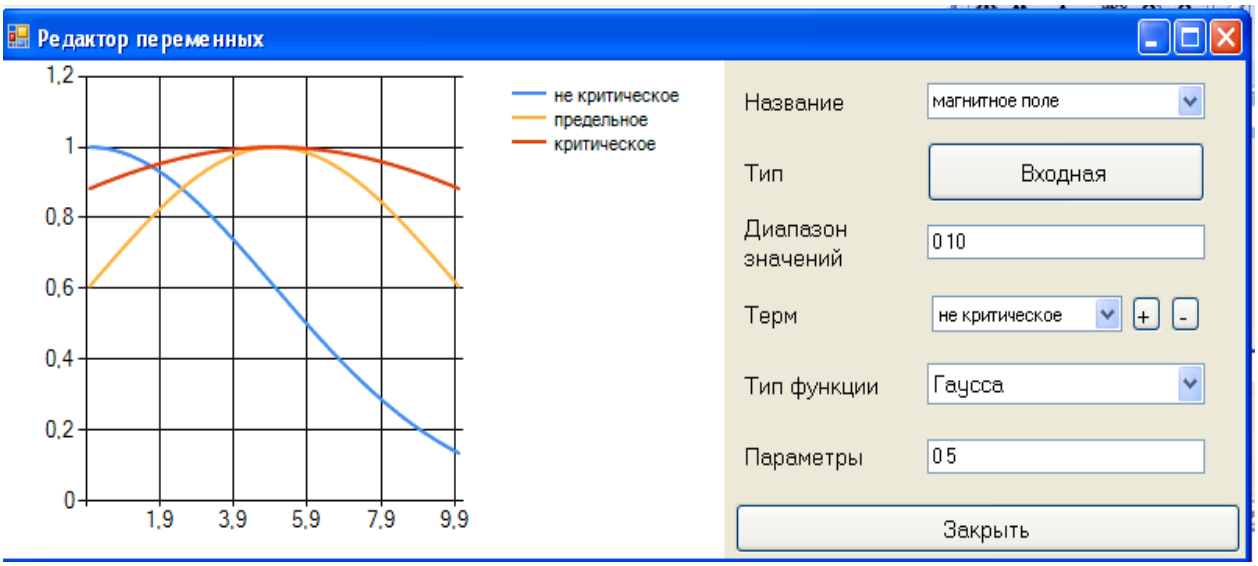


Рисунок 1 – Входная переменная (магнитное поле – не критическое)

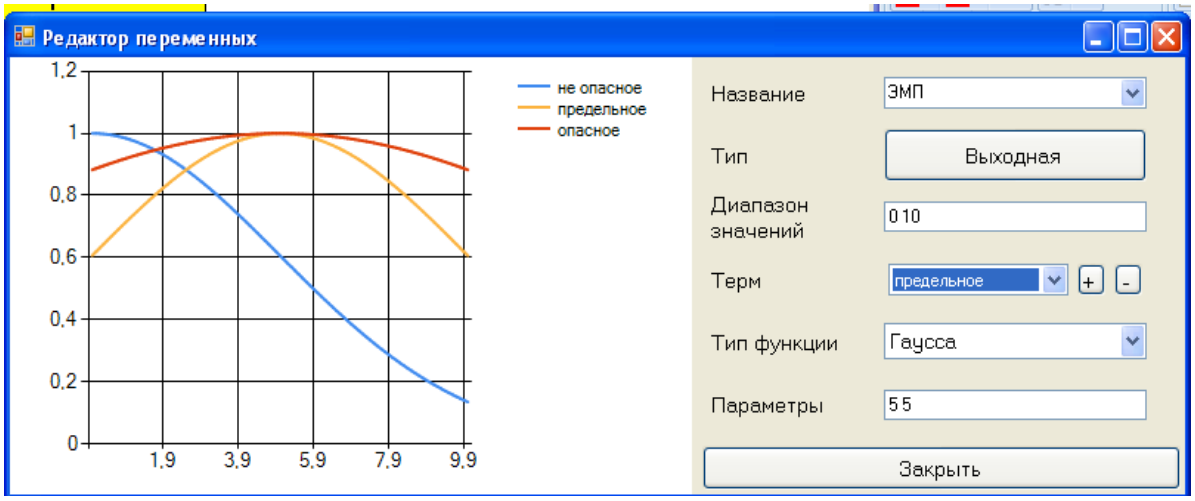


Рисунок 2 – Выходная переменная (ЭМП – предельное)

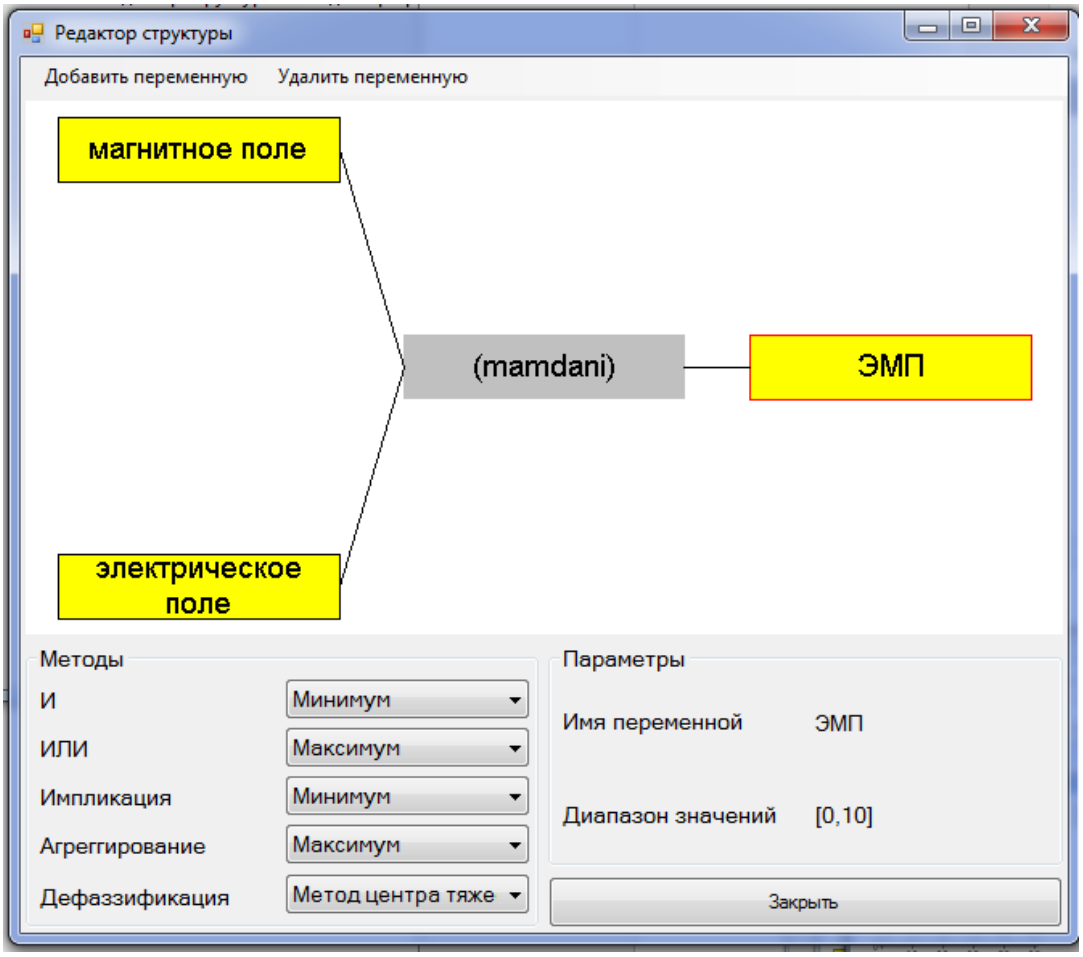


Рисунок 3 – Выходная и входные переменные

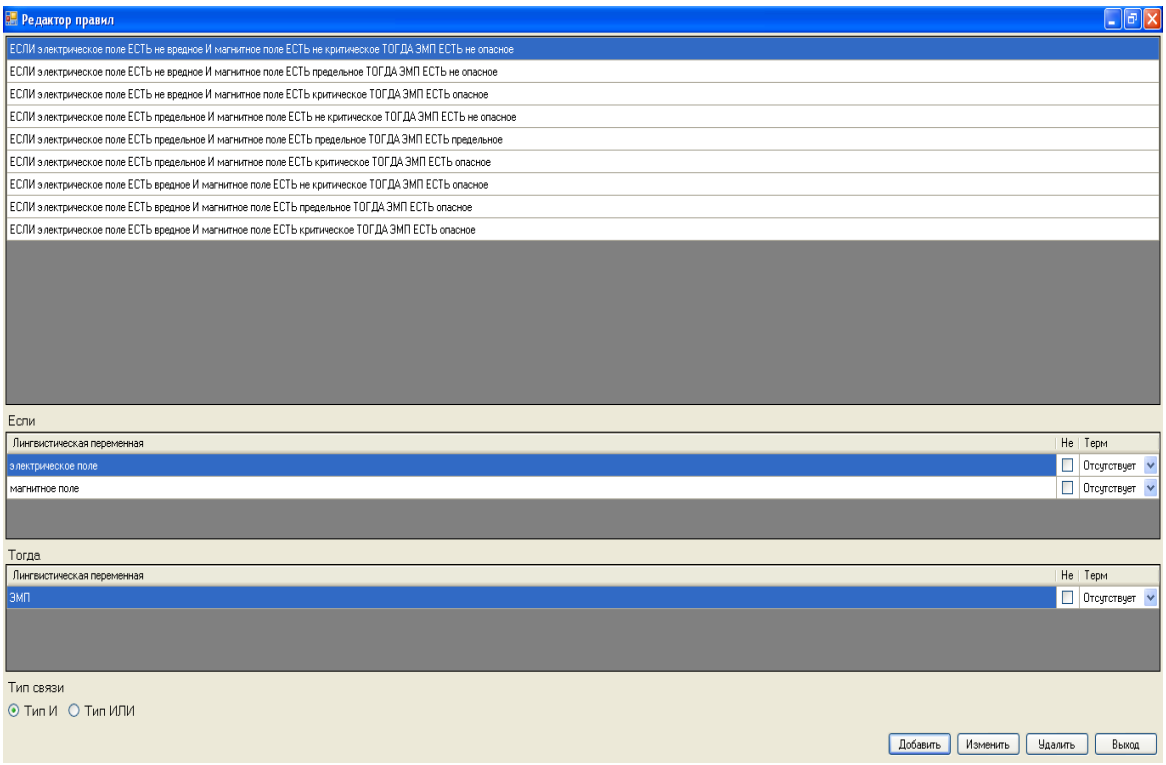


Рисунок 4 - Правила

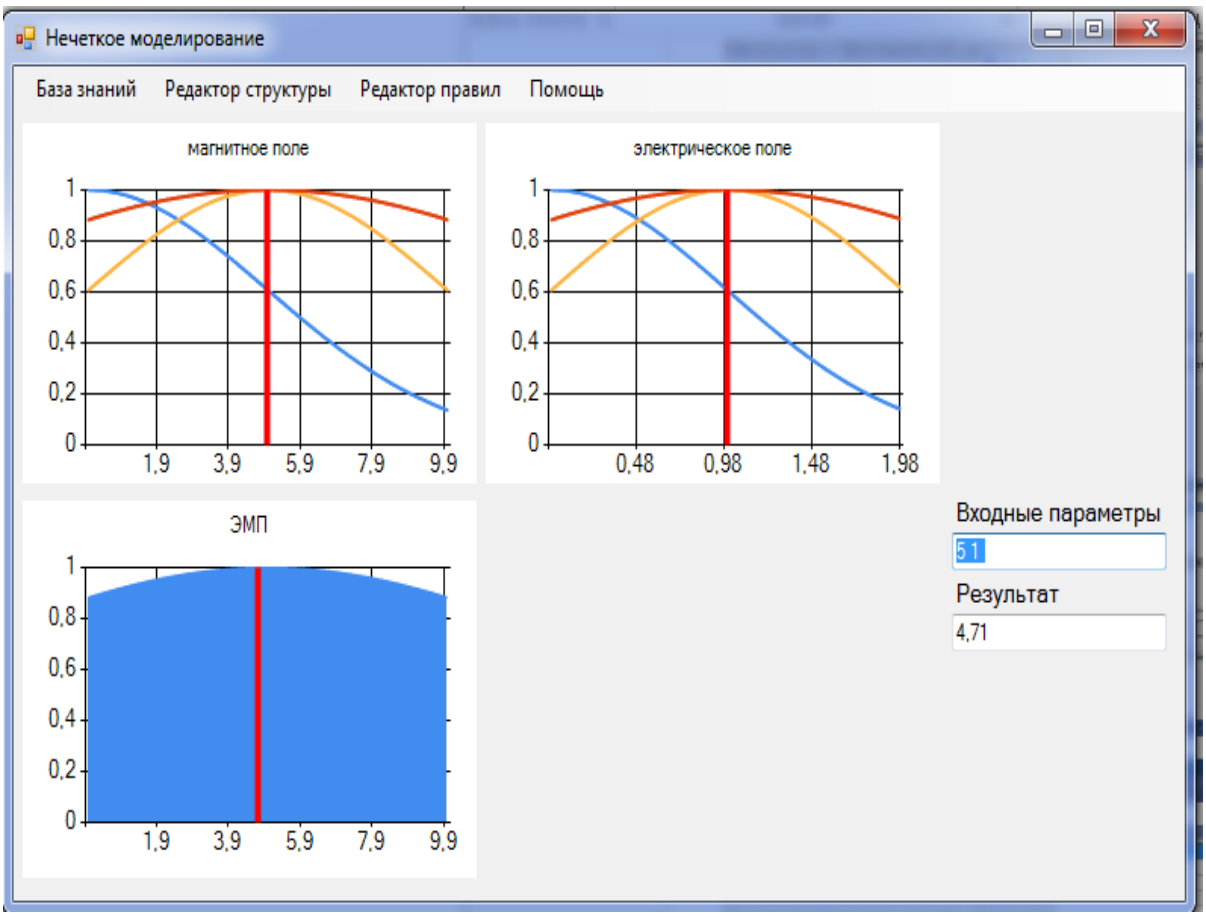


Рисунок 5 – Работа модели при предельных значениях электрического и магнитного полей

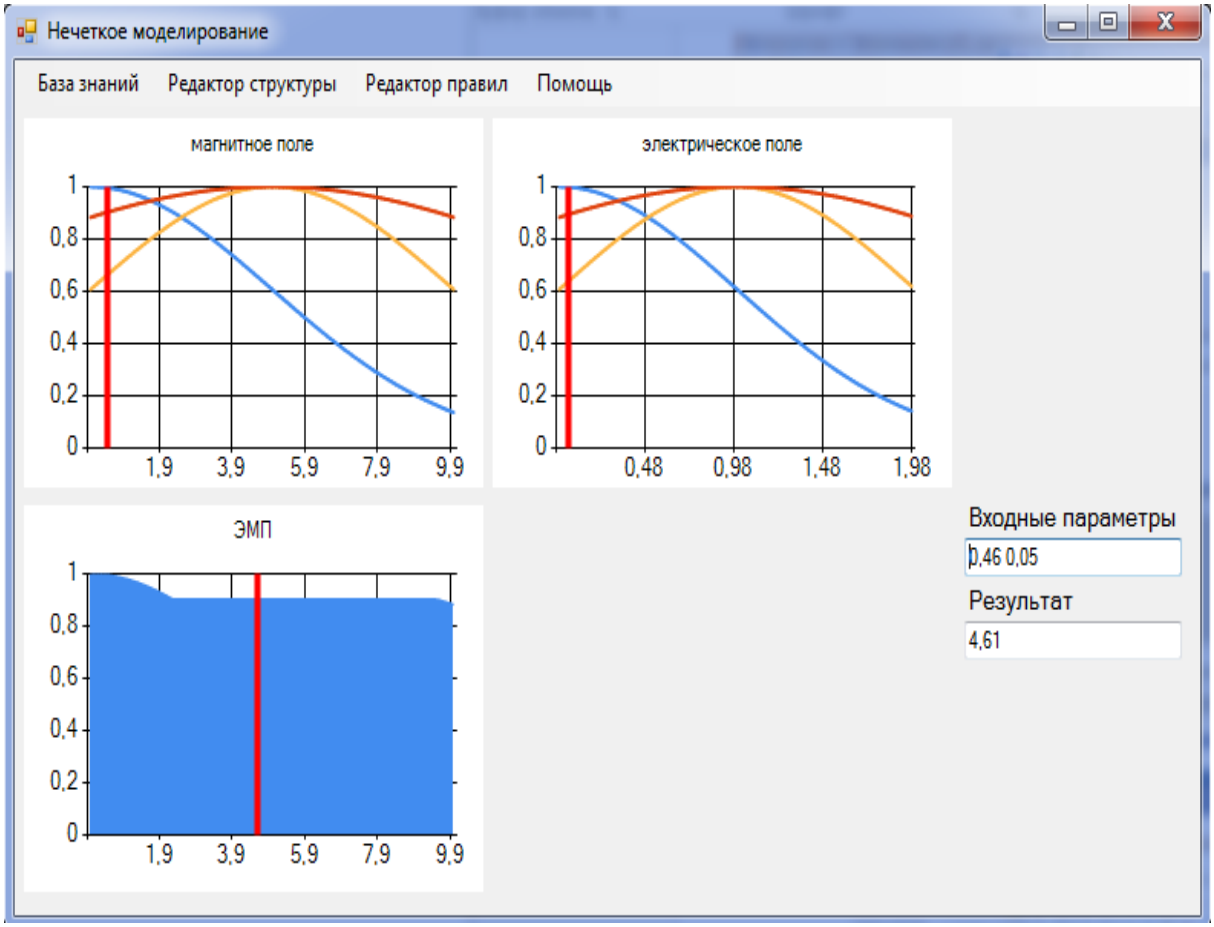


Рисунок 6 – Работа модели при не вредных и не критических значениях электрического и магнитного полей

Задавая значения входных параметров, можно определить воздействие ЭМП: в первом случае электромагнитное поле предельное, а во втором случае – не опасное (рисунок 5 и рисунок 6).

Таким образом, с помощью теории нечетких (размытых) множеств была произведена оценка влияния на человека электромагнитного поля, создаваемого ЛЭП 110 кВ. Подобный подход может быть применен к другим объектам исследования.

Список литературы

1. *Леоненков, А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А.В. Леоненков. – СПб: БХВ-Петербург, 2003. – 736 с. - ISBN 5-94157-087-2.*

2. *Штовба, С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB / С.Д. Штовба. – М: Горячая линия–Телеком, 2007. – 288 с. - ISBN: 5-93517-359-X.*

3. *Семенова, Н.Г. Модели и методы искусственного интеллекта в задачах электроэнергетики : Монография. / Н.Г. Семенова; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2016. – 188 с.*

ФЕРРОРЕЗОНАНС В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ 6-35 кВ

Быковский В.В., к.т.н., доцент, Чабан А.В.
Оренбургский государственный университет

1 Анализ проблемы феррорезонансных перенапряжений

1.1 Физическая сущность явления

В наши дни, одной из самых сложнейших и интереснейших проблем современных технических наук является исследование нелинейных процессов в различных системах. Все задачи физики нелинейны, однако часто линеаризация уравнений, описывающих прохождение тех или иных процессов может привести к удовлетворительному результату. Для повышения точности расчета необходимо вводить поправки в линейное решение. Однако во многих задачах линеаризация не целесообразна, так как нелинейность приводит к возникновению явлений, невозможных в линейных системах. В электротехнике такими задачами являются колебательные процессы в электрических цепях, с катушками индуктивности с насыщающимся сердечником. Веберамперная характеристика такого элемента нелинейна. В цепях, содержащих ёмкостные и нелинейные индуктивные сопротивления, могут возникать феррорезонансные явления [1 - 4]. Различают феррорезонанс в параллельных и последовательных цепях (в зависимости от способа соединения элементов). Если при параллельном или последовательном соединении нелинейного индуктивного и емкостного сопротивления плавно изменять напряжение или ток источника питания можно наблюдать скачкообразное изменение значения силы тока в цепи или напряжения на элементах схемы. Это можно объяснить тем, что индуктивность катушки с ферромагнитным сердечником обладает нелинейной зависимостью от тока и при определенном его значении наступает компенсация индуктивной и емкостной проводимостей.

Более сложные явления, которые могут возникать в разветвленных цепях с различными схемами соединения нелинейных индуктивных и емкостных элементов, нельзя рассматривать отдельно как феррорезонанс напряжений или токов. В общем случае, феррорезонанс можно охарактеризовать как процесс скачкообразного перехода из режима сильного насыщения сердечника ферромагнитной катушки индуктивности в слабонасыщенный режим или наоборот [5]. Данный процесс сопровождается резкими колебаниями напряжения и тока в обмотке нелинейной катушки. В том случае, если изоляция обмотки катушки индуктивности не рассчитана на работу в режиме сильного насыщения, то перенапряжения и, как следствие, протекание через обмотку превышающих предельно допустимые значения токов, могут привести к разрушению изоляции обмотки и замыканиям между витками.

Термин «феррорезонанс» можно отнести ко всем нелинейным колебательным процессам в электрических цепях, которые должны содержать, по крайней мере:

- нелинейное индуктивное сопротивление;
- ёмкостное сопротивление;
- источник переменного напряжения;
- малые потери, которыми можно пренебречь.

Электрические сети содержат большое количество насыщающихся индуктивных элементов: силовые и измерительные трансформаторы, шунтирующие реакторы и т.д., а также емкостных элементов: силовые кабели, длинные воздушные линии, емкостные трансформаторы напряжения, батареи статических конденсаторов, выравнивающие ёмкости выключателей. Такие элементы потенциально могут являться и являются в реальности причиной возникновения феррорезонансных колебаний и возникающих вслед за ними перенапряжений

Основная особенность феррорезонанса – высокая вероятность возникновения нескольких устойчивых состояний при одинаковом наборе параметров схемы. Основные причины возникновения феррорезонанса – переходные процессы, являющиеся следствием грозовых и внутренних перенапряжений, коммутаций трансформаторов или нагрузки, возникновения или устранения короткого замыкания и т.д.

Если сравнить явления, которые протекают в линейных и нелинейных резонансных контурах, специфические особенности феррорезонанса выделяются особенно чётко.

В линейном резонансном RLC- контуре резонанс может возникнуть при любой амплитуде напряжения, а параметры элементов и резонансная частота контура связываются однозначным соотношением

$$L \cdot C \cdot \omega_p^2 = 1 \qquad (1)$$

Характерные особенности феррорезонансных колебаний можно наглядно рассмотреть на примере свободных колебаний в LC - контуре на рисунке 1а при разряде емкости, заряженной до напряжения U_0, на нелинейное индуктивное сопротивление.

Аппроксимированная кривая намагничивания катушки индуктивности представлена на рисунке 1б. Ниже приведены модельные расчеты для нелинейного контура со следующими параметрами:

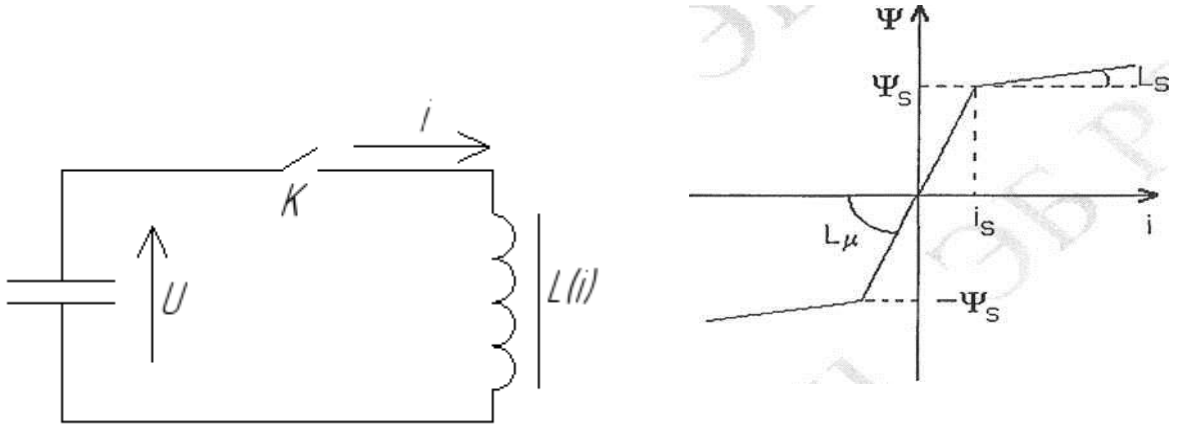
$C = 10^{-3}$ Ф - емкость конденсатора;

$L_\mu = 1$ Гн - индуктивность нелинейной катушки на начальном участке;

$L_S = 0{,}01$ Гн - индуктивность насыщения катушки;

$\Psi_S = 1$ Вб - критическое потокосцепление;

$i_S = 1$ А - критический ток.



а) б)

Рисунок 1 - Простейший феррорезонансный контур [1]

После замыкания ключа К в контуре возникают свободные колебания с начальной частотой $\omega_0 = 1/\sqrt{L_\mu C}$. Если максимальное значение тока $i_{max} = U_0\omega$ не превосходит величины i_s [1], то частота колебаний сохраняет свое значение (рисунок 2а). Если в момент времени t_1 текущее значение тока превысит значение тока насыщения (рисунок 2б), то частота колебаний скачком изменяется до значения $\omega_S = 1/\sqrt{L_S C}$, и сохраняется до момента времени t_2, когда текущее значение тока станет меньше величины i_s. Потерь в контуре нет, и, как следствие, процесс принимает периодический характер. Период колебаний описывается выражением $T = 2\cdot\pi\sqrt{L_S C} + 2(t_3 - t_2)$, где промежуток времени от t_2 до t_3 соответствует ненасыщенному состоянию магнитопровода катушки индуктивности. Оценить этот промежуток можно следующим образом.

Приращение потока за время от t_2 до t_3 определяется выражением

$$\Delta\psi = 2\psi_S = \int_{t_2}^{t_3} u(t)dt \quad (2)$$

Если предположить, что за это время напряжение на емкости изменяется незначительно и принять его равным U_0, то из данного выражения следует, что $t_3 - t_2 \approx 2\psi_S / U_0$. Чем выше начальное напряжение на емкости, тем меньше этот промежуток времени и тем меньше период колебаний, который в пределе стремится к величине $T = 2\pi\sqrt{L_S C}$ (рисунок 2в). Таким образом, частота колебаний в нелинейном колебательном контуре зависит от начального заряда на емкости и находится в пределах $\frac{1}{2\pi\sqrt{L_\mu C}} < f < \frac{1}{2\pi\sqrt{L_S C}}$

В реальном контуре всегда присутствуют активные потери, приводящие к тому, что напряжение при каждом перезаряде ёмкости уменьшается, а это, в свою очередь, приводит к уменьшению частоты колебаний. На рисунке 2г

показано напряжение на ёмкости при тех же начальных условиях, что и на рисунке 2б, но при активном сопротивлении контура R = 1 Ом.

Если в контуре есть источник синусоидального напряжения, который компенсирует активные потери, то, при определенных условиях, частота колебаний в контуре может становиться равной частоте источника, если начальная частота больше частоты источника (рисунок 3а), или дольной частоты источника, если начальная частота меньше частоты источника (рисунок 3б). На рисунке приведены примеры гармонических и субгармонических феррорезонансных колебаний в последовательном контуре с синусоидальным источником с амплитудой 19 В. Остальные параметры схемы такие же, как и на рисунке 2г.

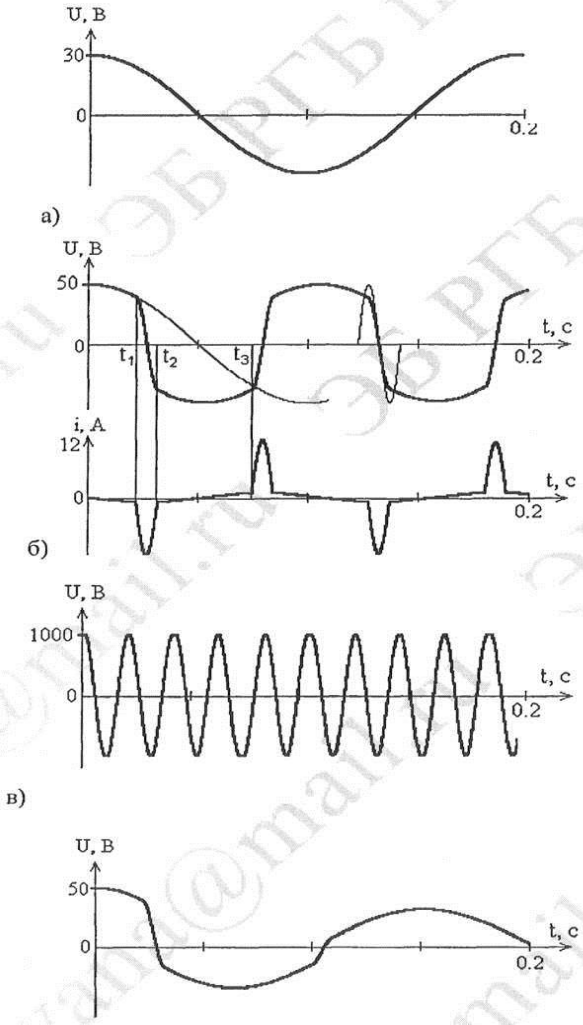
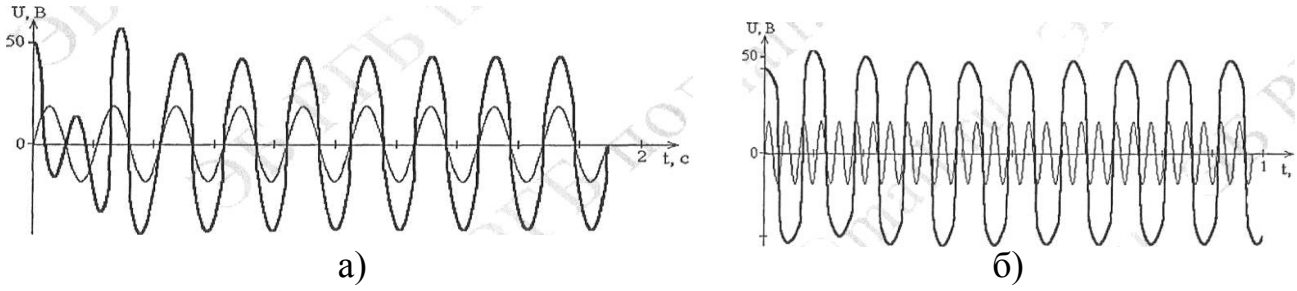


Рисунок 2 - Свободные колебания в последовательном феррорезонансном контуре [1]



а) б)

Рисунок 3 - Гармонические и субгармонические колебания в феррорезонансном контуре [1]

Резюмируя вышесказанное, мы можем перечислить основные отличия между феррорезонансным и линейным резонансным контурами:

- возникновение феррорезонанса на данной частоте возможно в широком диапазоне изменения ёмкости контура;
- возможно отличие частоты напряжения и тока в элементах контура от частоты синусоидального источника напряжения;
- в нелинейном контуре возможно существование нескольких устойчивых состояний при одной и той же конфигурации контура, и параметрах элементов. Одним из таких состояний является нормальный эксплуатационный режим системы, в то время как другие состояния являются нештатными и могут представлять опасность различной степени для элементов цепи. Начальные условия (заряд конденсаторов, остаточная намагниченность магнитопроводов трансформаторов, состояние коммутирующих устройств) определяют, какой из устойчивых режимов будет реализован.

В трехфазных цепях можно выделить два типа задач о феррорезонансных процессах. Первый тип относится к трехфазным сетям с глухозаземленной нейтралью, которые сводятся к однофазному представлению, описанному выше. Причинами возникновения феррорезонанса в таких сетях являются :

– отключение одной или двух фаз;
– перегорание фазных предохранителей;
– обрыв проводов ЛЭП и т.п.

Эквивалентный контур представлен на рисунке 4. В данном случае имеет место последовательный феррорезонанс нелинейной индуктивности трансформатора или реактора поврежденной фазы и конденсатора, являющего собой либо межфазную емкость проводов и ошиновки, либо емкость разъединителя. Для описания явления в данном случае достаточно двух дифференциальных уравнений первого порядка. Несмотря на кажущуюся простоту эквивалентной схемы, точного аналитического решения этой системы уравнений не существует, однако приближенные аналитические и графоаналитические методы применяются давно и достаточно успешно.

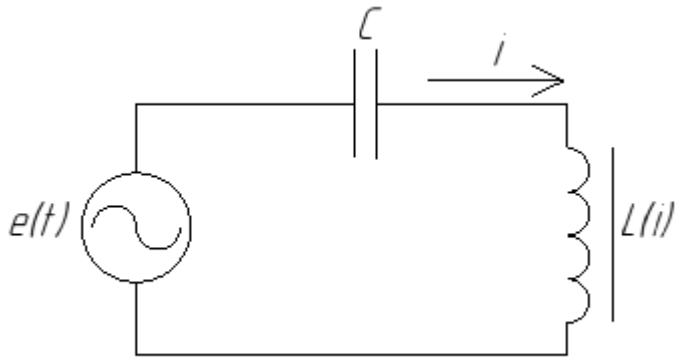


Рисунок 4 -Эквивалентный контур трехфазной сети
с глухозаземленной нейтралью [1]

1.2 Классификация феррорезонансных схем

Большие различия в характере проявления феррорезонансных явлений, конфигурации электрических схем, составе и характеристиках участвующего в них оборудования не позволяют исследовать и анализировать все феррорезонансные схемы какой-либо одной методикой. Поэтому обычно феррорезонансные схемы в электрических сетях классифицируются по следующим факторам:

— режиму работы электрических сетей;

— величине номинального напряжения оборудования и способу заземления нейтралей силовых трансформаторов;

— схеме электрических соединений и составу оборудования.

По режимам работы электрических сетей феррорезонансные схемы классифицируются следующим образом:

— схемы, образующиеся при нормальных эксплуатационных режимах работы электрических сетей, например, при оперативных переключениях на подстанциях;

— схемы, возникающие после ликвидации аварийного режима работы, например, после действия автоматического повторного включения линий электропередачи или после действия дифференциальной защиты шин;

— схемы, появляющиеся при аварийных режимах работы, к которым относятся неполнофазные включения линий электропередачи и перемежающие дуговые замыкания на землю.

Разделение феррорезонансных схем по величине номинального напряжения сети и способу заземления нейтралей силовых трансформаторов производится в соответствии с классификацией электрических сетей:

— схемы в сетях 6-10 кВ с изолированной нейтралью;

— схемы в сетях 6-35 кВ с компенсированной нейтралью;

— схемы в сетях 110 кВ с эффективным заземлением нейтрали;

— схемы в РУ 110-500 кВ с глухим заземлением нейтрали.

В представленном докладе рассматриваются вопросы, относящиеся к схемам с напряжением 6-35 кВ.

По схеме электрических соединений и составу электрооборудования можно выделить следующие феррорезонансные схемы [7]:

—схемы, образующиеся при последовательном соединении воздушных выключателей, содержащих емкостные делители напряжения, и электромагнитных трансформаторов напряжения;

—схемы, образующиеся при обрыве проводов воздушной линии электропередачи;

—схемы с неполнофазным питанием через воздушную линию электропередачи ненагруженных силовых трансформаторов с изолированной нейтралью;

—схемы, в которых происходит дуговое замыкание на землю с электромагнитными трансформаторами напряжения, служащими для контроля изоляции сети.

2 Меры предотвращения феррорезонанса в сетях 6-35 кВ

В исследованиях [1, 2] выделяются следующие меры по предотвращению феррорезонанса в сетях 6-35 кВ:

— добавление активного сопротивления в дополнительную обмотку трансформатора напряжения, соединённую в открытый треугольник, величиной в несколько десятков Ом (в основном – 25 Ом);;

— добавление последовательно с обмотками ВН каждой фазы активного сопротивления величиной несколько кОм;

— добавление в нейтральную точку соединения обмоток ВН ТН активного сопротивления величиной от 1 до десятков кОм.

Применение активных сопротивлений приводит к демпфированию феррорезонаных колебаний. При этом, необходимо заметить, что параметры активных сопротивлений, включаемых в цепь первичной и вторичной обмоток ТН с целью подавления ФРП, при проектировании должны быть минимально достаточными, поэтому их необходимо рассчитывать с учётом параметров конкретной сети, числа и характеристик трансформаторов напряжения в ней. За рубежом в настоящее время активно используются дополнительные активные сопротивления переменной величины (smartload) в ТН, величина которых изменяется в зависимости от режима работы сети [6]. Эффективность вышеуказанных мер, как правило, ограничивается требованиями к точности ТН как измерительного прибора, а также его тепловой стойкостью.

Необходимо отметить, что альтернативным решением для исключения опасных феррорезонансных колебаний в сетях 6–35 кВ является оснащение нейтрали сети высокоомным резистором. Следует, однако, учесть, что применение этой меры в ССН электрических станций, питаемых от трансформаторов СН, с обмотками низшего напряжения, соединенными в треугольник, требует установки на шинах секции специального устройства трансформаторного типа для выделения нейтрали, например, ФМЗО.

Полезные рекомендации по предотвращению феррорезонансных перенапряжений и исключению повреждений ТН в сетях 6 - 10 кВ также предлагаются в методических указаниях по применению ограничителей перенапряжений нелинейных в электрических сетях 6-35 кВ [8].

Список литературы

1. *Селиванов Василий Николаевич. Исследование феррорезонансных колебаний в воздушных сетях 35 КВ с изолированной нейтралью с электромагнитными трансформаторами напряжения: Дис. ... канд. техн. наук: 05.14.12 : Апатиты, 2003 179 с. РГБ ОД, 61:04-5/1832*

2. *Лаптев О. И. Исследование эффективности антирезонансных трансформаторов напряжения типа НАМИ в сетях 6-35 кВ с изолированной нейтралью / О. И. Лаптев // «Ограничение перенапряжений. Режимы заземления нейтралей. Электрооборудование сетей 6-35 кВ». Труды четвёртой Всероссийской научно-технической конференции. -Новосибирск, 2006.-С.90-96.*

3. *Сиротинский Л.И. Перенапряжения и защита от перенапряжений в электрических установках. М., Л.: Госэнергоиздат, 1932. 463с.*

4. *Информационное сообщение ОРГРЭС, № Э-11/60.*

5. *Алексеев В.Г., Зихерман М.Х. Феррорезонанс в сетях 6-10 кВ // Электрические станции, 1979, №1, С.63-65.*

6. *Базанов В.П., Путова Т.Е. О режимах работы трансформаторов напряжения // Электрические станции, 1987, №2, С.56-58.*

7. *Беляков Н.Н. Исследование перенапряжений при дуговых замыканиях на землю в сетях 6 и 10 кВ с изолированной нейтралью // Электричество, 1957, №5, С. 18-23.*

8. *Методические указания по применению ограничителей перенапряжений нелинейных в электрических сетях 6-35 кВ: РАО «ЕЭС России», 2001. 29 с.*

ТЕХНОЛОГИЯ «УМНЫЙ ДОМ»

Греков Э.Л., канд. техн. наук, доцент, Фирсов В.С.
Оренбургский государственный университет

«Умный дом» — это высокотехнологичная система, которая позволяет объединить все коммуникации в одну и управлять ими автоматически, либо вручную, удовлетворяющая всем потребностям и пожеланиям хозяина.

Система управления «Умный дом» (СУУМ) состоит из датчиков, управляющих элементов и исполнительных устройств. На управляющие элементы приходят сигналы с обрабатывающего контроллера по информации, поступающей с различных датчиков, с помощью которых они контролируют работу исполнительных устройств, действуя согласно заданным алгоритмам.

Рисунок 1 - Оснащение умного дома

Структура системы «Умный дом» может варьироваться в зависимости от требований и/или стоимости. При максимальном наборе функций СУУМ включает в себя следующие контуры управления:

- отопление дома (посредством радиаторов или теплых полов),
- вентиляция и кондиционирование,
- охранная и пожарная сигнализации,
- система контроля доступа,
- контроль аварийных ситуаций,
- видеонаблюдение (локальное и удаленное),
- управление освещением,
- управление обогревом ливневой канализации, ступеней лестниц и дорожек,
- контроль над энергопотреблением,

- управление источниками резервного электропитания: аккумуляторными ИБП и дизель-генераторами,

- управления канализационных насосных станций и системам автополива зеленых территорий,

- управление воротами и шлагбаумами,

- управление рольставнями и жалюзи,

- удаленный мониторинг и управление всеми системами дома через интернет.

СУУМ - это интеллектуальная система управления, обеспечивающая самостоятельную и согласованную работу всех систем жизнеобеспечения и безопасности. Эта система способна распознавать изменения в помещениях, реагируя на них соответствующим образом, передавая сигнал на модуль управления. Основной особенностью такой технологии является объединение отдельных подсистем и устройств в единый комплекс, управляемый при помощи контроллера.

По типу передачи сигнала структура СУУМ подразделяются на два типа:

- проводная;

- беспроводная.

Главную роль в проводной системе играет информационная шина (чаще всего это специальные кабели), которая связывает все устройства и передает их команды к управляющим устройствам. Данная СУУМ очень надежна и имеет высокую скорость работы, однако разработка проекта, установка и настройка оборудования имеют большие финансовые затраты.

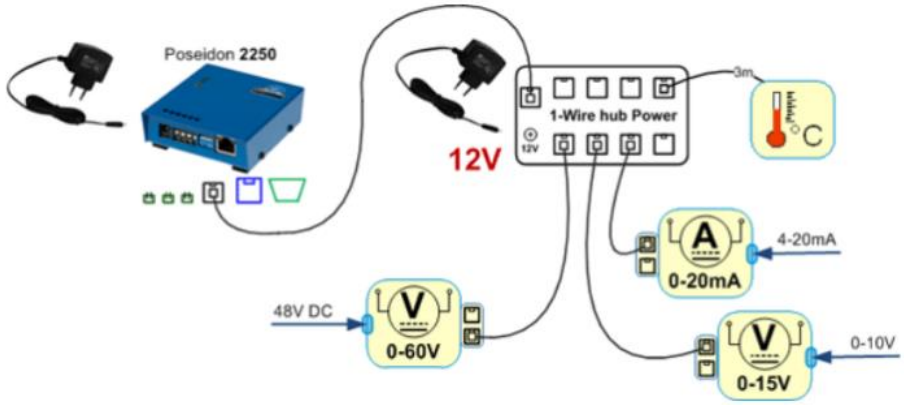


Рисунок 2 - Проводная система передачи данных

Созданием данных систем и оборудования для них занимаются компании Siemens, Schneder Electric, Creston, Beckhoff, Legrand и другие.

Беспроводная СУУМ не требует прокладки кабелей, поскольку все команды передаются по радиоканалам. Однако эта система очень чувствительна к качеству радиосвязи. Любые помехи, создаваемые бытовой техникой или радиотелефонами, могут повлиять на функционировании системы беспроводной автоматизации.

Беспроводные системы производят компании Jung, Merten, Teleco, Delumo.

У каждого из этих типов передачи сигнала есть достоинства и недостатки. Так, системы управления с проводным типом передачи сигнала отличаются высокой скоростью, бесперебойностью работы, высокой надежностью, а также относительной дешевизной и устойчивостью к внешним воздействиям.

Минусом такой системы является то, что прокладка кабеля осуществляется на этапе застройки, так как монтаж проводов может сопровождаться разрушением и корректировкой некоторых конструктивных элементов жилья. К тому же, проводить перепланировку в помещениях с проводной системой умного дома достаточно тяжело.

Беспроводные умные дома будут более подходящими для недавно отремонтированного жилья. При этом, в некоторых случаях прокладка кабелей все равно неизбежна. Основным и значительным недостатком беспроводной системы управления является то, что данная система недостаточно безопасна и может быть уязвимой перед злоумышленниками, которые могут блокировать беспроводной сигнал. Еще в данной системе управления возможны перебои в передаче сигнала и быстродействии.

По типу структуры СУУМ подразделяются на два типа:

1) централизованная;

2) децентрализованная.

Для систем с централизованным управлением характерным является наличие единого мощного процессора, который осуществляет управление всей системой. В условиях работы на централизованной платформе такой процессор может быть и преимуществом, и в тоже время слабым местом всей рабочей системы. В случае неисправности или сбоев в процессоре — из строя выйдет вся система.

Преимущество такой системы заключается в свободно программируемом центральном контролере, который разрешает использование любого оборудования и создание задач любой сложности. Таким образом, система может совершенствоваться, облегчая жизнь хозяина дома. Единый интерфейс значительно облегчает управление всеми устройствами. Централизованная система может быть проводной или беспроводной. Основными минусами системы управления данного типа «умного дома» является её высокая стоимость программирования контроллера и установка системы.

Поставщики данного электрооборудования — AMX, Vantage, Creston, Z-wave, Beckhoff, Эктострой.

Децентрализованный тип является самым популярным при создании «умных домов». Каждое устройство такой системы имеет энергонезависимую память, заключенную в микропроцессор. В случае неисправности любого из устройств, общая работоспособность системы изменится незначительно. Так же возможна установка дополнительного логического блока, с помощью которого осуществляются специальные алгоритмы работы.

Децентрализованная система управления работает за счет того, что каждое исполнительное устройство имеет отдельный контроллер, действующее

с ним вполне автономно. Данный контроллер, подключается к управляющей шине, объединяющей все приборы дома.

Созданием данных систем занимаются компании Berker, Gira, Lithoss, ABB, Lutron, HDL и другие.

По типу протокола передачи данных СУУМ подразделяются на два типа:

1) с открытым протоколом;

2) с закрытым протоколом.

Протокол передачи данных – это специальный язык, при помощи которого устройства общаются между собой. Основным открытым протоколом является KNX — единый стандарт среди производителей устройств для автоматизации. KNX служит гарантом качества и позволяет подбирать оборудование, исходя из его дизайна, характеристик, стоимости и т.д. KNX — дорогостоящий вариант, пользующийся популярностью в Европе. Стандарт характеризуется обилием заложенных в него функций, а также сложностью проектирования и монтажа. В качестве среды для передачи данных протокол KNX может использовать шину (витую пару), электрическую сеть или радиоканал.

Рисунок 3 - Протокол передачи данных KNX

Однако производители нередко выпускают автоматизированные системы с протоколом закрытого типа. Это позволяет облегчить труд программистов и сэкономить на изготовлении оборудования. Соответственно, стоимость «закрытых» систем ниже систем с «открытым» протоколом. Недостатком этого варианта является сам поставщик оборудования, устанавливающий свою монополию и не допускающий использования устройств от сторонних изготовителей.

Системы с закрытым протоколом производят Vimar BY-ME, HDL BUS PRO, Zennio и другие.

Несмотря на сложность процессов управления и применение высоких технологий, «Умный дом» достаточно прост по конструкции.

Его схема состоит из:

- исполнительных устройств (электрические приборы, датчики, контроллеры);

- линий связи;

- сервера — который обрабатывает информацию, получаемую от исполнительных устройств и контроллеров.

Сервер связан с основным компьютером при помощи специального программного обеспечения. Таким образом, пользователь может задавать необходимые параметры, а главный модуль работающей системы с помощью линий связи и вспомогательных контроллеров будет обеспечивать выполнение заданных задач программой. Отслеживать работу всей системы, а также изменять нужные параметры и настройки возможно либо с панели управления, либо с помощью дистанционного пульта управления.

Важнейшей особенностью умного дома является то, что система значительно сокращает потребление электроэнергии, что является актуальной проблемой в настоящий момент. Это происходит, например, за счет постоянного контроля над освещением. Тем самым электричество не тратится понапрасну. Кроме того, интеллектуальная, высокотехнологическая система постоянно поддерживает установленный оптимальный температурный режим в помещениях с учетом внешних факторов.

Качественная и новая электросеть позволяет исключить потерю электроэнергии. В умном доме электрические приборы, находясь в режиме ожидания, не потребляют энергию— система постоянно контролирует работу и автоматически отключает их в случае длительного простоя. Это позволяет до 40% снизить финансовые затраты на оплату коммунальных услуг.

Как видно, эта технология сейчас активно внедряется и развивается, поэтому стоит уделить пристальное внимание обучению студентов магистров электроэнергетического факультета основам проектирования, программирования и эксплуатации системы управления «Умный дом».

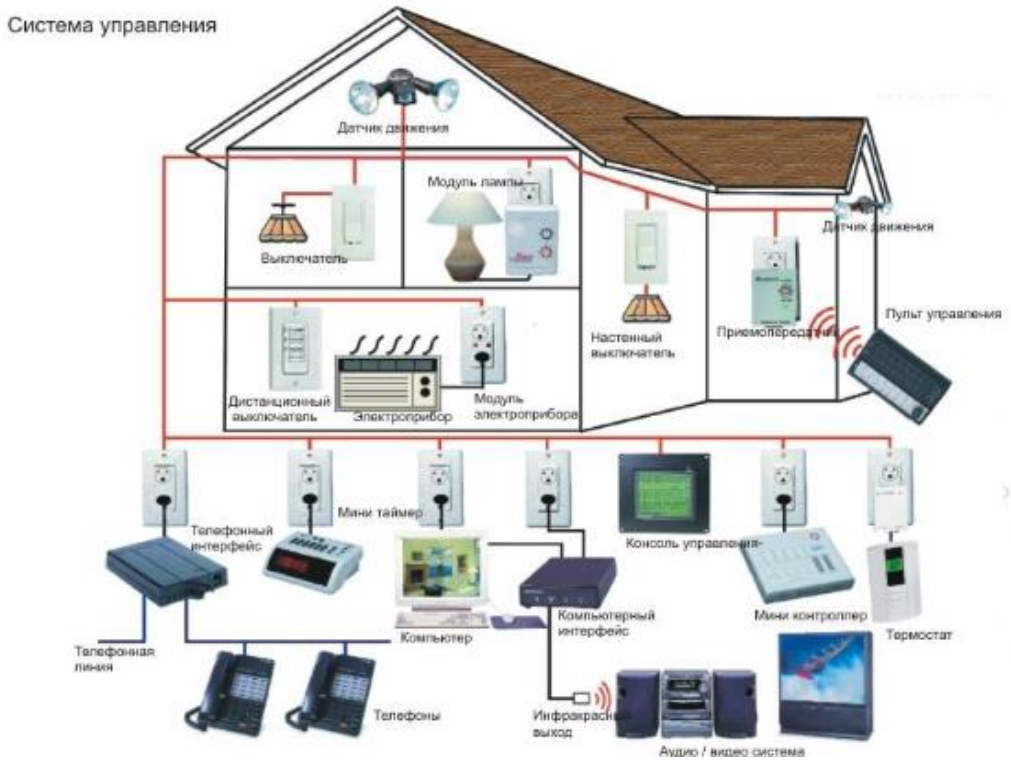


Рисунок 4 - Вариант системы управления умным домом

Список литературы

1. *http://www.dom-electro.ru/что-такое-умный-дом - сайт компании «Дом Бизнес Строй»;*

2. *https://www.asutpp.ru/elektrika-v-kvartire/umnyj-dom-svoimi-rukami.html - сайт по автоматизации, электрике в доме и квартире, электрооборудованию, различным техническим средствам автоматизации;*

3. *http://www.besmart.su/article/kakie-byvayut-umnye-doma - сайт компании БИ СМАРТ*

4. *http://www.aptech.ru/tehnologii-dom - сайт компании A.P.Technology*

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ БАЗОВЫХ ДЕТАЛЕЙ КООРДИНАТНЫХ-ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ С ЧПУ

Греков Э.Л., канд. техн. наук, доцент, Янушкин М.В.
Оренбургский государственный университет

Станина любого станка — это главная базовая деталь, на которой расположены и закреплены практически все узлы и детали. Относительно станины передвигаются все подвижные механизмы и детали. От ее свойств будут зависеть точностные и вибрационные параметры станка.

В настоящей статье приведен сравнительный анализ как достоинств, так и недостатков различных материалов, используемых при изготовлении станин координатно-фрезерных станков с ЧПУ, применяемых для фрезерования мягких материалов, гравирования и лазерной резки. Такие станки часто используются индивидуальными предпринимателями, малыми фирмами, в образовательных учреждениях и т.д. Они характеризуются небольшой ценой и, как правило, низкой прочностью и жесткостью. При резке материалов, таких как черные и цветные металлы, жесткости станины, выполненной из легких алюминиевых балок не хватает. Это часто вызывает нагрев и поломку фрезы, а также значительное ухудшение свойств обрабатываемой поверхности.

К станинам должны предъявляться высокие требования к допустимым отклонениям размеров. К физико-химическим свойствам материала, из которого изготавливаются станины, также уделяют тщательное внимание.

Для обеспечения точности работы станка необходимо сохранение неизменности геометрических размеров основных узлов при любом режиме резания. А это возможно при выполнении следующих условий:

1) станина должна обладать достаточной жесткостью, чтобы ее деформация от усилий резания не выходила бы за пределы допуска на обработку изделия;

2) с материала станины необходимо снять внутренние напряжения, вызывающие изменение ее формы. Напряжения могут быть связаны с технологией ее изготовления и свойств используемых материалов;

3) станина должна эффективно демпфировать вибрации, так как в противном случае будут иметь место ухудшение чистоты поверхности изделия и уменьшением срока службы инструмента;

4) направляющие для движения основных частей станка должны обладать большой износостойкостью и малым люфтом.

Основными материалами базовых деталей, удовлетворяющими вышеуказанным условиям, являются чугун, низкоуглеродистая сталь и железобетон.

Чугун является наиболее распространенным материалом для изготовления оснований салазок, столов, корпусов задних бабок большинства металлорежущих станков. Чаще всего применяют чугун СЧ 15, который обладает хорошими литейными свойствами, мало коробится, но имеет

сравнительно низкие механические свойства. Один из недостатков чугунных станин в том, что их направляющие недолговечны, так как быстро изнашиваются, литая чугунная станина имеет довольно большой вес, что делает его малопригодным для изготовления малых станков.

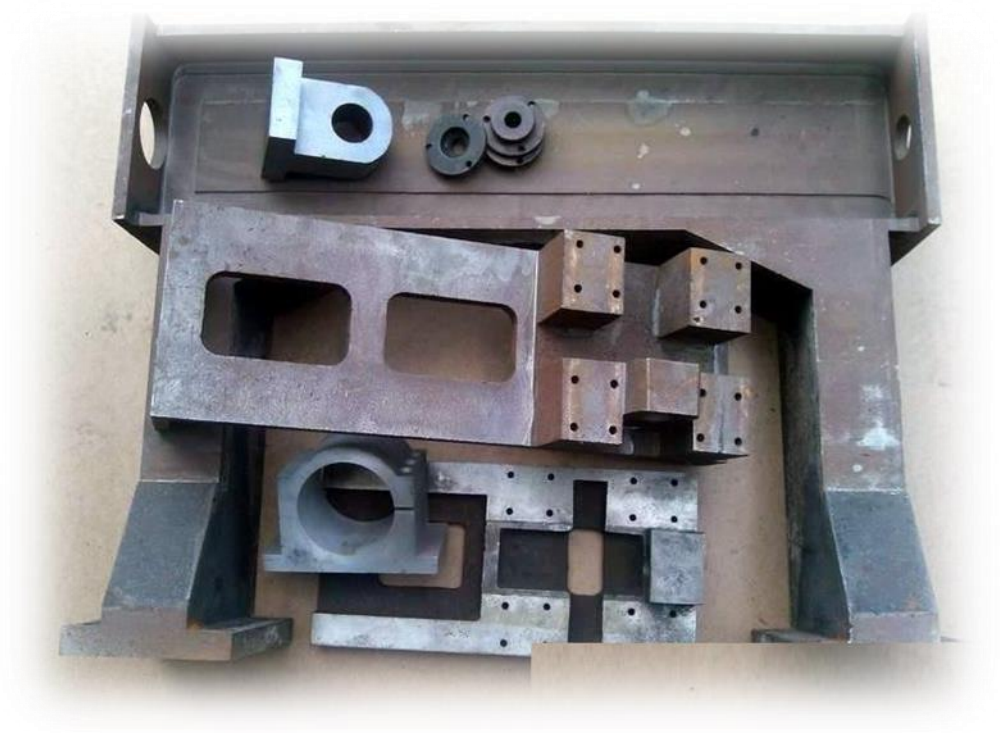


Рисунок 1 - Пример базовых деталей из чугуна

При повышенных требованиях к износостойкости направляющих, выполненных как одно целое с базовой деталью, а также при изготовлении прецизионных станков, применяют чугун СЧ 20. Чугуны марок СЧ 30 и СЧ применяют для изготовления блоков и плит многошпиндельных станков, станин токарных, револьверных станков, базовых деталей станков-автоматов и других интенсивно нагруженных станков. Следует помнить, что в литых чугунных изделиях образуются остаточные напряжения, которые могут привести к изменению геометрии базовых деталей, нарушению точности станка и его вибрационных свойств.

Углеродистую сталь применяют при изготовлении сварных базовых деталей простой формы, например, прямоугольной. Такие конструкции широко применяют при единичном характере производства, при изготовлении небольших станков. Используют, в основном, металлопрокат из листовой стали марок Ст.3 или Ст.4 сравнительнобольшой толщины 8…12 мм. Такие станины намного износоустойчивее чугуна, но, однако, имеют и свои недостатки - плохие виброгасящие и деформирующие свойства. Так же при сварке образуются остаточные напряжения, которые могут привести к нарушению работы станка. Для снятия этих напряжений применяются различные методы старения:

- естественное старение,

- тепловая обработка,
- метод термоударов,
- отжиг,
- вибрационное старение,
- статическая перегрузка и др.

Рисунок 2 - Пример станины из углеродистой стали

Рисунок 3 - Процесс изготовления станины из железобетона

При изготовлении станин широко используется такой материал, как бетон. Положительные свойства бетона состоят:

1) в хороших демпфирующих свойствах, что увеличивает динамическую жесткость станка. Направляющие и элементы крепления базовых деталей залиты в бетон. Усилия между компонентами перераспределяются непосредственно через бетон, что обеспечивает эффективное гашение вибраций;

2) в большей тепловой инерционности, что уменьшает колебания размеров станка от температуры.

Упругость бетона меньше чем у чугуна, что, однако, можно компенсировать большими размерами деталей. А так как плотность бетона значительно меньше чугуна, то и вес конструкции при этом останется в допустимых пределах.

Недостаток бетона в виде низкой влаго- и маслостойкости решают добавлением наполнителей в виде кварца (силикат), мраморной или гранитной крошки и связующего материала – эпоксидной, акриловой или метакриловой смолы с отвердителем. Обладая достоинствами бетонной станины, полимербетоны не боятся воздействия масла и влаги.

Наиболее оптимальным для станин станков небольшого размера является применение одного из разновидностей полимербетона - полимергранит.

Рисунок 4 - Пример станины из полимергранита

Этот материал состоит из полимерного связующего на основе эпоксидных смол и высокопрочного минерального наполнителя (гранитной крошки). Соответственно полимергранит обладает всеми достоинствами бетонной станины, но не боится воздействия масла и влаги. По основным механическим и эксплуатационным свойствам этот материал схож с природным гранитом. Но полимергранит обрабатывается значительно легче и является более долговечным. Он намного легче, чем изделия из натуральных

камней. По сравнению с вышеперечисленными материалами, полимергранит имеет лучшее соотношение цены и качества при изготовлении станин.

Свойства полимергранита значительно зависят от соотношения его частей. На рисунке 5 представлена зависимость механических свойств от содержания "δ" полимерных связующих. На рисунке представлены $\sigma_{сж}$ – прочность при сжатии; $\sigma_р$ – прочность при растяжении; E – динамический модуль упругости; λ – декремент затухания колебаний.

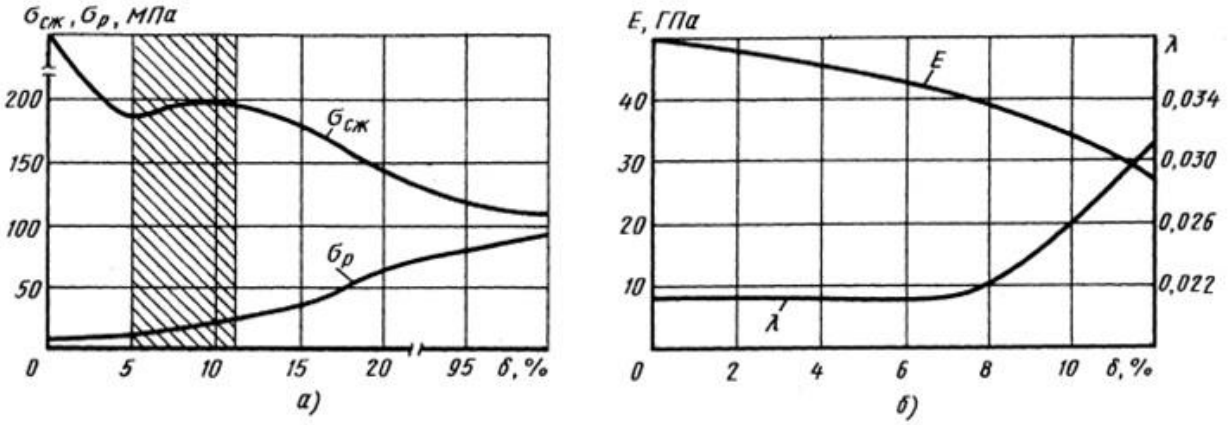


Рисунок 5 - Зависимость свойств синтеграна от содержания δ полимерного связующего

Заштрихованная зона соответствует рекомендуемому для полимергранита содержанию связующего. Таким образом, при изготовлении основной массы машиностроительных деталей, рекомендуется использовать полимергранит, содержащий до 11 % связующего.

Сравнение свойств демпфирования вибраций станков из полимергранита и чугуна на частотах, соответствующих процессу резания на малых частотах вращения шпинделя, показало, что станина из полимергранита не имела преимущества перед чугунной, поскольку динамическая податливость зависит главным образом от используемых инструментов и оснасток, а они, как правило, одинаковы для обоих вариантов станины. Однако по степени влияния, оказываемого на амплитуду колебаний заготовки возмущениями на головке, которые передаются через станину, изготовленная из полимергранита станина, показала лучшие на 25-50% результаты, чем чугунная.

Исследования вынужденных колебаний в зоне подшипников расточных головок и на заготовках при различных частотах вращения шпинделей выявили то, что станина из полимергранита имеет преимущества по гашению вибраций с ростом скорости вращения шпинделя. Усредненные значения виброскорости оказываются на 15-27% меньше при частоте 3000 об/мин.

Высокочастотные составляющие вибраций при станине из полимергранита значительно ниже, чем при станине из чугуна. В особенности это относится к спектру вибраций заготовок, до которых возмущения, обусловленные вращением шпинделей, доходят через станину. Установлено,

что функции влияния имеют низкочастотный спектр и полностью затухают при частоте свыше 150 Гц при обоих вариантах станины. Колебания в вертикальной плоскости возбуждаются на частоте 30 Гц, в горизонтальный - на частотах 30 и 80 Гц при чугунной станине и 20 и 60 Гц - при полимергранитной. Низкочастотные колебания приводят к колебаниям станка как единого целого и не вызывают относительных смещений инструмента и заготовки.

Подводя итог, можно сделать следующий вывод, что применение полимергранита при изготовлении базовых деталей небольших металлорежущих станков можно считать достаточно перспективным.

Список литературы

1. Барт В.Е., Санина Г.С., Шевчук С.А. Применение синтеграна в станкостроении // Станки и инструмент. - 1993. -№ 1. -С. 15-17.

2. Авраамова Т.М., Бушуев В.В., Гиловой Л.Я. и др.; под ред. Бушуева В.В. Металлорежущие станки: учебник. - М.: Машиностроение - 2011. 608 с.

3. Полимербетоны / В.В. Патуроев ; НИИ бетона и железобетона Госстроя СССР. - Москва : Стройиздат, 1987. - 286 с.

РОЛЬ ПРЕДМЕТНО-МЕТОДИЧЕСКОЙ ПЛОЩАДКИ ПРЕДМЕТНО-ЦИКЛОВОЙ КОМИССИИ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ

Гусейнова Т.Н., Шамсутдинова С.А.
Университетский колледж ОГУ, г. Оренбург

Учебный процесс включает в себя не только работу на занятиях в аудиториях колледжа и дома. Он может быть интересным, если проводить его в виде различных внеаудиторных мероприятий. Такой праздник можно создать во время проведения предметной недели (предметно-методической площадки ПЦК).

Предметно-методическая площадка ПЦК Электроснабжения и производства летательных аппаратов в университетском колледже ОГУ– одна из форм работы, отражающая целенаправленную коллективную, индивидуальную, практическую деятельность преподавателей, направленную на повышение качества обучения.

Сущностью любой предметной недели является создание эффективной системы взаимодействия обучающихся и преподавателей, направленной на развитие творческих способностей, познавательного интереса обучающихся.

Проходит предметно-методическая площадка ПЦК Электроснабжения и производства летательных аппаратов в Университетском колледже ОГУ на базе Электротехнического отделения традиционно в декабре и приурочена ко Дню энергетика. Основные цели и задачи недели:

1 Образовательные:

- расширение кругозора обучающихся;
- повышение уровня интеллектуального развития;

2 Развивающие:

- развитие умения обучающихся применять полученные знания во внеурочной игровой обстановке;
- развитие способности быстро принимать решение в экстремальной ситуации;
- развитие качеств: логики, смекалки, умения аргументировать;
- развитие самостоятельности, творческой активности;
- стимулирование творческого поиска, самостоятельного исследования;
- развитие умений и навыков планирования и организации труда, распределения сил и средств.

3 Воспитательные:

- воспитание инициативности, навыков работы в коллективе;
- воспитание устойчивого интереса к образовательному процессу;
- формирование активного познавательного интереса.

Планирование предметно-методической площадки начинается с выбора основной темы, которая и определяет дальнейшую работу и оформление

мероприятий. Необходимо учитывать уровень подготовки обучающихся. Каждый из обучающийся может выбрать любое мероприятие по своим интересам. В подготовке участвуют все преподаватели ПЦК и инициативная группа обучающихся со всех курсов, желающих принять участие. Мероприятия проводятся по плану, который обсуждается на заседании ПЦК. Положения о каждом мероприятии разрабатываются преподавателями и утверждаются заместителем директора колледжа по учебной работе. При составлении плана мероприятий учитываются возрастные и психологические особенности развития обучающихся.

Нетрадиционные занятия по предметам, коллективные творческие дела, различные мероприятия являются основными видами мероприятий предметно-методической площадки. Формы проведения могут быть различными.

Примерный перечень форм мероприятий:

1) учебные мероприятия:

– олимпиады;

– занимательные занятия;

– занятие - деловая игра;

– конференция;

2) учебно-развлекательные мероприятия:

– турнир «Высокое напряжение»;

– конкурс на звание «Лучший электромонтажник»;

– конкурс-викторина;

– конкурс газет.

В течении недели обучающиеся ПЦК Электроснабжения и производства летательных аппаратов показывают в соревновательной форме умение читать и собирать схемы, знание теоретической программы, работы в коллективе. В таких мероприятиях как конференция, конкурс кроссвордов и газет участвуют обучающиеся с 1 по 4 курс. В конкурсах «Высокое напряжение» и «Лучший электромонтажник» участвуют ребята постарше и «опытнее» - 3 и 4 курс. Обучающиеся младших курсов помогают в организации мероприятий и являются самыми активными болельщиками.

Обычно мероприятие открывающее предметно-методическую площадку – конкурс газет и кроссвордов.

Стенгазета должна отражать заданную тему например: «Энергетика вчера, сегодня, завтра».

Газета должна быть выполнена в цвете, на бумаге любого формата.

От каждой группы предметно-цикловой комиссии должно быть представлено не менее двух газет, плакатов и кроссвордов.

Все стенгазеты, плакаты и кроссворды должны быть представлены комиссии в определенные сроки.

Представленные на конкурс стенгазеты будут выставлены на всеобщее обозрение. Часть газет оформляет аудиторию, где будут проходить конференция и конкурс «Высокое напряжение»

Результаты конкурса будут объявлены в заключительный день.

В жюри конкурса привлекаются преподаватели предметно-цикловой комиссии Электроснабжения и производства летательных аппаратов, заместитель директора по воспитательной работе, представители студенческих групп. Жюри на закрытом заседании выставляет оценки.

Критериями оценок служат:

- содержательность;
- дизайн (эстетика, сочетание надписей, цветов, графики);
- соответствие теме;
- оригинальность;
- актуальность;
- нестандартный подход к изготовлению стенгазеты;
- соответствие содержания сформулированной теме;
- образовательная значимость; общее восприятие.

Также мероприятием, в котором участвуют обучающиеся всех курсов является конференция, посвященная Дню энергетика (рисунок 1).

Согласно федеральным образовательным стандартам (ФГОС), одной из форм, способствующих развитию общих и профессиональных компетенций исследовательского характера, является научно-практическая конференция.

Конференция (от лат. conferre – собирать в одном месте) – это форма коллективного обсуждения и изучения каких-либо актуальных проблем; собрание, совещание организаций, групп, государств, а также отдельных лиц для обсуждения и решения определенных вопросов. По видам конференции подразделяются на научные, практические, политические, или представляющие синтез этих направлений (научно-практические, общественно-политические и др.). Тематикой, названием и целями обычно определяется содержание и направленность конференции.

Педагогической наукой давно отмечен тот факт, что конференция является важным этапом исследовательской деятельности обучающихся, они активизируют творческие способности и стимулируют мотивацию к обучению. В процессе конференции у обучающихся формируются навыки целенаправленного наблюдения, постановки эксперимента, они проходят весь путь исследовательской деятельности – от определения проблемы до защиты полученных результатов.

Научно-исследовательская конференция студентов по специальности 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям) Университетского колледжа ОГУ «Электроэнергетика: вчера – сегодня - завтра» проводится в рамках недели посвященной Дню энергетика, с целью выявления и поддержки талантливой молодежи, создания условий для раскрытия творческих способностей, повышения результативности участия в научной и исследовательской деятельности. Привлечение к научно-исследовательской работе студентов позволяет использовать их потенциал для решения актуальных проблем в различных отраслях науки и техники.

Организатором научно-исследовательской конференции является предметно-цикловая комиссия электроснабжения и производства летательных аппаратов Университетского колледжа ОГУ.

Для проведения экспертной оценки докладов на конференции работает жюри, состоящее из представителей педагогического коллектива колледжа.

Рисунок 1 – Участник научно-исследовательской конференции

Еще одним из мероприятий предметно-методической площадки является конкурс «Высокое напряжение» (рисунок 2). Он проводится с целью повышения качества профессионального обучения, пропаганды профессии и специальности профессионального образования 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям), совершенствования форм, методов и средств производственного обучения, определения качества профессионального обучения.

Конкурс направлен на подготовку обучающихся к самостоятельной трудовой жизни в современных условиях рыночной экономики.

Цели конкурса:

- повышение качества подготовки молодых специалистов;
- повышение уровня практического обучения.

Основные задачи конкурса:

- оценка и повышение уровня профессиональной подготовленности обучающихся колледжа;
- повышение социального статуса специалистов среднего звена;
- развитие общих и профессиональных компетенций обучающихся;
- умение применять полученные знания по теоретическому обучению на практике;
- создание системы поддержки талантливых обучающихся.

Рисунок 2 – Участники конкурса «Высокое напряжение»

Завершающим мероприятием является конкурс «Лучший электромонтажник». Победители этого конкурса в марте будут участвовать в первом отборочном туре олимпиады профмастерства.

Для подведения итогов конкурса приглашается комиссия из преподавателей предметно-цикловой комиссии Электроснабжения и производства летательных аппаратов, представителей администрации. Не позднее, чем за месяц до начала проведения конкурса разрабатывается положение о конкурсе «Лучший электромонтажник», задания для конкурса, определяется ответственный за проведения мероприятия. Задания должны быть разного уровня сложности, так чтобы часть заданий могло решить подавляющее большинство обучающихся, а 1 -2 из них могли решить только самые сильные ребята. План подготовки рассматривается и утверждается на заседании комиссии. Ответственные за проведение конкурса определяют число участников. Конкурс проводится в специализированной лаборатории с использованием электромонтажных стендов.

Результаты конкурса по каждому пункту заданий жюри оценивает по указанной в программе бальной системе. При проведении конкурса оценивается помимо правильности и скорость выполнения задания. Критерий скорости способствует повышению азарта на соревнованиях, что немаловажно для ребят. Обучающиеся, занявшие первые три призовых места, будут награждены дипломами.

Цель проведения конкурса:

- выявить одаренных, творчески мыслящих обучающихся и всемерно способствовать развитию их творческого потенциала;

- определить соответствие знаний, умений и навыков обучающихся требованиям государственного образовательного стандарта;

- оценивать уровень развития навыков самостоятельной работы и стремления к обучению и самообучению;

- углубить знания обучающихся по предмету;

- расширить кругозор обучающихся;

- способствовать совершенствованию практических навыков и умений при решении стандартных и нестандартных задач.

Рисунок 3 – Сборка цепи на стенде

Завершается предметно-методическая площадка ПЦК торжественным мероприятием, на котором все отличившиеся обучающиеся награждаются дипломами, грамотами и ценными подарками. Проведение данной недели позволяет, кроме повышения интереса обучающихся к процессу обучения, сплотить «разношерстный» коллектив ребят, укрепить взаимовыручку и способность работать сообща (рисунок 4).

Рисунок 4 – Торжественное закрытие предметно-методической

Список литературы

1. *Наука и образование [Электронный ресурс]: электрон. научно-технич. изд. / МГТУ им. Н.Э. Баумана – Электрон. Журн. – Москва: МГТУ. – Режим доступа: http://technomag.edu.ru. – 14.12.2013.*
2. *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.*
3. *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*
4. *Пособие для изучения «Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей» (электрическое оборудование) [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва : ЭНАС, 2013. — 352 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/38579*
5. *Энергосовет [Электронный ресурс]. : электронный журнал по энергосбережению и энергоэффективности / учредитель НП «Российское теплоснабжение». – 2009. - .М.: НП «Энергоэффективный город», 2016 – 2017. Ежекварт. – Режим доступа: http://www.energosovet.ru/bul_stat.php*

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ИНТЕНСИВНОСТИ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ

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

Управление процессом подготовки специалистов является управление через ограничения и добиться существенного повышения качества подготовки специалистов невозможно без повышения образовательного уровня абитуриентов и требуемого профессионального уровня профессорско-преподавательского состава. Из исследований [1] известно, что увеличение значения коэффициента профессионального уровня профессорско-преподавательского состава на 1% приводит к увеличению коэффициента профессиональной подготовки выпускников в среднем на 0,46%. При увеличении коэффициента образовательного уровня абитуриентов на 1%, значение коэффициента профессиональной подготовки выпускников увеличивается в среднем на 0,23%. При этом необходимо добиваться, чтобы качество труда преподавателей было адекватно их профессиональному уровню.

Контроль качества работы преподавателя является одной из наиболее сложных и важных задач в общей проблеме управления качеством подготовки специалистов. Общую оценку работы преподавателя осуществляют по результатам отчета за учебный год по индивидуальному плану, а частная оценка проводится по соответствующим разделам индивидуального плана, например по разделу «учебная работа» по показателям качества и интенсивности (напряженности) учебной работы. Средняя расчетная учебная нагрузка для профессорско-преподавательского состава вуза устанавливается ежегодно ректоратом на основе утвержденных министерством контрольных цифр набора. Причем независимо от вида проводимых занятий средняя расчетная нагрузка устанавливается одинаковой для преподавателей, имеющих разный уровень квалификации. Это не стимулирует высококвалифицированных преподавателей вести в большом объеме такой трудоемкий и ответственный вид занятий, каким является лекция. Наряду с лекционными занятиями свою учебную нагрузку они заполняют в большем объеме менее напряженными видами занятий: это руководство практикой, руководство выполнением рефератов и так далее, что в конечном итоге не позволяет в полном объеме использовать опыт высокопрофессиональных преподавателей. Это является скрытым резервом, который необходимо использовать для повышения качества подготовки выпускников. С целью учета индивидуальных особенностей каждого преподавателя, оптимального использования его педагогического и научного опыта и знаний при подготовке выпускников, а также соблюдения академической свободы преподавателя в выборе вида и форм учебной деятельности, целесообразно применять методику расчета учебной нагрузки преподавателя, учитывающую реальную трудоемкость различных видов учебной работы: лекций, практических и

семинарских занятий, лабораторных занятий, индивидуальной работы и других видов учебной работы [2]. При расчете учебной нагрузки используется понятие приведенного объема учебной работы кафедры ($УР_n^*$), который получается путем приведения трудоемкости всех видов учебных занятий и работ к трудоемкости практических и семинарских занятий.

Приведенный объем учебной работы кафедры

$$УР_n^* = a \cdot ЛК + b \cdot ПЗ + c \cdot ЛБ + d \cdot КН + e \cdot ТК + f \cdot ЗЧ + g \cdot КП + h \cdot КР + k \cdot ДЗ +$$
$$+ m \cdot ИК + r \cdot ИГ + s \cdot ПР + t \cdot ДП + u \cdot АС + v \cdot РК + w \cdot ВЭ + x \cdot ПК + y \cdot ЗД + z \cdot ОП,$$

где *ЛК, ПЗ, ЛБ, КН, ТК, ЗЧ, КП, КР, ДЗ, ИК, ИГ, ПР, ДП, АС, РК, ВЭ, ПК, ЗД, ОП* – общее число часов по соответствующим видам учебной работы, переданных кафедре для исполнения;

выделены следующие обособленные виды учебной работы:

ЛК – лекции;
ПЗ – практические и семинарские занятия;
ЛБ – лабораторные занятия;
КН – текущие консультации;
ТК – текущий контроль;
ЗЧ – зачет;
КП – курсовой проект;
КР – курсовая работа;
ДЗ – другие индивидуальные задания (*РГЗ, РЗ, Р*);
ИК – итоговый контроль (экзамен и консультация);
ИГ – итоговый госэкзамен (ГЭК, ГАК);
ПР – руководство практикой;
ДП – руководство дипломным проектированием;
АС – руководство аспирантами;
РК – руководство кафедрой;
ВЭ – вступительные испытания в вуз;
ПК –прием вступительных экзаменов в аспирантуру;
ЗД – прием защиты диссертации;
ОП- оппонирование диссертации;
a,b,c,d,e,f,g,h,k,m,r,s,t,u,v,w,x,y,z - коэффициенты напряженности труда соответствующих видов учебной работы, их величину устанавливает кафедра или ученый совет вуза.

Например, можно принять следующие величины коэффициентов [3]:

a = 1,1;	g = 0,95;	t = 1,05;
b = 1,0;	h = 0,9;	u = 1,15;
c = 0,9;	k = 0,8;	v = 1,1;
d = 0,85;	m = 1,0;	w = 1,0;
e = 0,95;	r = 1,1;	x = 1,1;
f = 0,95;	s = 0,8;	y = 1,2;

z = 1,1.

Для удобства расчета учебной нагрузки величины коэффициентов напряженности труда соответствующих видов учебной работы принимают такими, чтобы их сумма была равна числу учитываемых видов учебной работы, реально выполняемой кафедрой (в данном случае сумма коэффициентов напряженности труда равна 19, $\sum к = 19$).

На выделенное кафедре количество штатных единиц профессорско-преподавательского состава ($N_{шт.к}$) приходится приведенный объем учебной работы ($УР_n^*$), который равномерно распределяют по штатным единицам профессорско-преподавательского состава кафедры. Каждому преподавателю кафедры устанавливают приведенную учебную нагрузку в соответствии с размером его нагрузки по ставкам и с учетом его пожеланий в плане выбора тех или иных видов учебных занятий и учебной работы.

Учебная нагрузка *i*-тому преподавателю ($УН_{ni}^*$), соответствующая средней приведенной учебной нагрузке по кафедре ($УН_{n.ср}^*$), приходящаяся на одну ставку, определяется по уравнению

$$\begin{aligned} УН_{ni}^* = УН_{n.ср}^* = a \cdot ЛК_i + b \cdot ПЗ_i + c \cdot ЛБ_i + d \cdot КН_i + e \cdot ТК_i + f \cdot ЗЧ_i + \\ + g \cdot КП_i + h \cdot КР_i + k \cdot ДЗ_i + m \cdot ИК_i + r \cdot ИГ_i + s \cdot ПР_i + t \cdot ДП_i + u \cdot АС_i + \\ + v \cdot РК_i + w \cdot ВЭ_i + x \cdot ПК_i + y \cdot ЗД_i + z \cdot ОП_i, \end{aligned} \qquad 2)$$

где $ЛК_i$, $ПЗ_i$, $ЛБ_i$, $КН_i$, $ТК_i$, $ЗЧ_i$, $КП_i$, $КР_i$, $ДЗ_i$, $ИК_i$, $ИГ_i$, $ПР_i$, $ДП_i$, $АС_i$, $РК_i$, $ВЭ_i$, $ПК_i$, $ЗД_i$, $ОП_i$ – количество часов соответствующих видов учебной работы, планируемой *i*-тому преподавателю для выполнения;

$УН_{n.ср}^* = \dfrac{УР_n^*}{N_{шт.к}}$ – средняя приведенная учебная нагрузка по кафедре.

Если какие-либо виды учебной работы не планируют преподавателю, то в выражении (2) вместо этих видов учебной работы проставляют ноль.

Реальная учебная нагрузка *i*-тому преподавателю определяется по выражению

$$\begin{aligned} УН_i = ЛК_i + ПЗ_i + ЛБ_i + КН_i + ТК_i + ЗЧ_i + +КП_i + КР_i + ДЗ_i + \\ + ИК_i + ИГ_i + ПР_i + ДП_i + АС_i + +РК_i + ВЭ_i + ПК_i + ЗД_i + ОП_i. \end{aligned}$$

В отчетные документы, в индивидуальные планы, в планы работы кафедры проставляют реальные (неприведенные) часы учебных занятий, величина которых регламентируется нормами времени для расчета учебной работы профессорско-преподавательского состава.

Такое распределение учебной нагрузки кафедры позволяет рационально спланировать учебную нагрузку одинаковой трудоемкости всем преподавателям, учесть индивидуальные особенности работы преподавателя, стимулирует высококвалифицированных преподавателей выполнять в

большем объеме наиболее трудоемкие виды учебной работы. Все это способствует повышению качества подготовки выпускников.

Для оценки степени участия преподавателя в выполнении аудиторной работы можно использовать коэффициент участия преподавателя в выполнении аудиторной работы по кафедре

$$K_{учА\,ji} = \frac{АР^{*}_{n\,ji}}{АР^{*}_{ср.к\,j} \cdot к_{c\,ji}}, \qquad (4)$$

где $K_{учА\,ji}$ – коэффициент участия i-того преподавателя в выполнении аудиторной работы по j-той кафедре;

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

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

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

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

$ЛК_j$, $ПЗ_j$, $ЛБ_j$ – число часов лекционных, практических и лабораторных занятий, проведенных преподавателями j-той кафедры в учебной году (без учета почасового фонда);

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

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

Если в результате расчета $K_{учА}$ по выражению (4) получили:

$K_{учА} = 1$ – это свидетельствует об оптимальной загрузке преподавателя аудиторной работой;

$K_{учА} < 1$ – это свидетельствует о недогрузке преподавателя аудиторной работой;

$K_{учА} > 1$ – это свидетельствует о перегрузке преподавателя аудиторной работой.

Для оценки степени участия преподавателя в выполнении учебной работы используют коэффициент участия преподавателя в учебной работе кафедры, определяемый по выражению

$$K_{уч.у\,ji} = \frac{УР^{*}_{n\,ji}}{УН^{*}_{n.ср\,j} \cdot к_{c\,ji}}, \qquad (5)$$

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

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

- приведенный объем учебной работы, выполненный i-тым преподавателем j-той кафедры в учебном году;

$ЛК_{ji}$, $ПЗ_{ji}$, $ЛБ_{ji}$, $КН_{ji}$, $ТК_{ji}$, $ЗЧ_{ji}$, $КП_{ji}$, $КР_{ji}$, $ДЗ_{ji}$, $ИК_{ji}$, $ИГ_{ji}$, $ПР_{ji}$, $ДП_{ji}$, $АС_{ji}$, $РК_{ji}$, $ВЭ_{ji}$, $ПК_{ji}$, $ЗД_{ji}$, $ОП_{ji}$ - количество часов соответствующих видов учебной работы, выполненной i-тым преподавателем j-той кафедры в учебном году;

$$УН^{*}_{n.ср\,j} = \frac{УР^{*}_{n\,j}}{N_{шт.к\,j}}$$

– средняя приведенная учебная нагрузка преподавателю j-той кафедры;

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

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

$ЛК_j$, $ПЗ_j$, $ЛБ_j$, $КН_j$, $ТК_j$, $ЗЧ_j$, $КП_j$, $КР_j$, $ДЗ_j$, $ИК_j$, $ИГ_j$, $ПР_j$, $ДП_j$, $АС_j$, $РК_j$, $ВЭ_j$, $ПК_j$, $ЗД_j$, $ОП_j$ – общее число часов по соответствующим видам учебной работы, выполненной j-той кафедрой в учебном году (без учета почасового фонда);

Если в результате расчета $K_{уч.у}$ по выражению (5) получили:

$K_{уч.у} > 1$ – это свидетельствует о сверхплановой учебной работе преподавателя (интенсивном труде преподавателя).

По величине этого показателя устанавливается поощрительная надбавка к оплате труда преподавателя за интенсивность учебной работы.

Список литературы

1. *Ерунов, В.П. Моделирование и оценка эффективности функционирования образовательного процесса в вузе / В.П. Ерунов, О.С. Бравичева // Вестник Оренбургского государственного университета. – ОГУ, 2005. – № 10. – С. 191 – 197.*

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

3. *Огорелков, Б.И. Планирование и нормирование научно-педагогического труда преподавателей вуза: учебное пособие / Б.И. Огорелков, В.П. Ерунов. – Оренбург: ОГУ, 2000. – 47 с.*

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИН УЧЕБНОГО ПЛАНА

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

Одним из условий повышения качества подготовки выпускников является повышение качества методического обеспечения учебного процесса путем комплексного учета методического обеспечения всех видов учебных занятий и учебных работ по направлению (специальности). Учебно-методический комплекс специальности (направления) состоит из перечня организационно-правовых и организационно-распорядительных документов, учебно-методического обеспечения учебных дисциплин и документов, регламентирующих социально-воспитательную работу со студентами.

В перечень обязательных организационно-правовых и организационно-распорядительных документов по организации учебного процесса входят: государственный образовательный стандарт высшего образования (ГОСВО), решение ученого совета вуза об открытии направления (специальности), лицензия на право ведения образовательной деятельности по данному направлению (специальности), учебный план по специальности (направлению), рабочие программы по всем дисциплинам и практикам учебного плана, график учебного процесса , карта обеспеченности дисциплин учебного плана учебно-методической литературой, положение о промежуточной и итоговой аттестации студентов, положение о рейтинговой системе оценки учебной деятельности студента, программа итоговой государственной аттестации выпускников [1].

Учебно-методическое обеспечение дисциплины состоит из обеспечения учебно-методической печатной продукцией, изданной вузом или другими издательствами, всех видов учебных занятий и видов учебной работы, включенных в рабочую программу дисциплины: лекций, практических и семинарских занятий, лабораторных занятий, курсового проектирования. Лекции обеспечиваются учебником, учебным пособием или конспектом лекций. Практические и семинарские занятия обеспечиваются сборником задач и упражнений, методическими пособиями и указаниями или программой семинаров. Лабораторные занятия обеспечиваются методическими пособиями и указаниями. Курсовое проектирование обеспечивается учебным пособием или методическими указаниями.

Учебно-методическое обеспечение направления (специальности) состоит из учебно-методического обеспечения дисциплин учебного плана, практик и дипломного проектирования [2].

Степень обеспеченности учебной дисциплины учебно-методическим комплексом (УМКД) определяется по выражению

$$УМКД_{ji} = \frac{(\%ЛК)_{ji} \cdot (a+1) \cdot ЛК_{ji} + (\%ПЗ)_{ji} \cdot (b+1) \cdot ПЗ_{ji} + (\%ЛБ)_{ji} \cdot (c+1) \cdot ЛБ_{ji}}{ОЧС_{ji}} + \frac{(\%СРк)_{ji} \cdot СРк_{ji}}{ОЧС_{ji}}, \quad (1)$$

где $УМКД_{ji}$ – степень обеспеченности *i*-той учебной дисциплины *j*-того учебного плана учебно-методическим комплексом;

$(\%ЛК)_{ji}$ – процент соответствия объема и содержания учебника, учебного пособия, конспекта лекций объему и содержанию лекционных занятий в рабочей программе *i*-той учебной дисциплины *j*-того учебного плана;

$(\%ПЗ)_{ji}$ – процент соответствия объема и содержания сборника задач и упражнений, методических указаний или программы семинаров объему и содержанию практических и семинарских занятий в рабочей программе *i*-той учебной дисциплины *j*-того учебного плана;

$(\%ЛБ)_{ji}$ – процент соответствия объема и содержания методических указаний объему и содержанию лабораторных занятий в рабочей программе *i*-той учебной дисциплины *j*-того учебного плана;

$(\%СР_К)_{ji}$ – процент соответствия объема и содержания учебного пособия или методических указаний объему и содержанию курсового проектирования в рабочей программе *i*-той учебной дисциплины *j*-того учебного плана;

a, b, c – нормативные коэффициенты, определяющие соотношение числа часов самостоятельной подготовки студента по лекционным, практическим, семинарским и лабораторным занятиям к числу аудиторных часов этих видов учебных занятий (величины коэффициентов устанавливаются ученым советом вуза с целью регулирования учебной нагрузки, например a = 1,2 , b = 0,8 , c = 0,5) [2];

$ЛК_{ji}$, $ПЗ_{ji}$, $ЛБ_{ji}$ – число часов лекционных, практических и лабораторных занятий по *i*-той дисциплине *j*-того учебного плана;

$a \cdot ЛК_{ji}$ – число часов самостоятельной подготовки студента к лекционным занятиям по *i*-той учебной дисциплине *j*-того учебного плана (это число часов берут из рабочей программы дисциплины);

$b \cdot ПЗ_{ji}$ – число часов самостоятельной подготовки студента к практическим и семинарским занятиям по *i*-той учебной дисциплине *j*-того учебного плана (это число часов берут из рабочей программы дисциплины);

$c \cdot ЛБ_{ji}$ – число часов самостоятельной подготовки студента к лабораторным занятиям по *i*-той учебной дисциплине *j*-того учебного плана (это число часов берут из рабочей программы дисциплины);

$СРк_{ji}$ – количество часов самостоятельной работы студента, отводимое на выполнение КР, КП и ДЗ по *i*-той дисциплине *j*-того учебного плана (эта составляющая учитывается, если в учебном плане по дисциплине есть КП, КР или ДЗ);

$ОЧС_{ji} = (a+1) \cdot ЛК_{ji} + (b+1) \cdot ПЗ_{ji} + (c+1) \cdot ЛБ_{ji} + СРк_{ji}$ – общее число часов по *i*-той дисциплине *j*-того учебного плана.

Если $УМКД_{ji}$ = 100%, то это свидетельствует о полном учебно-методическом обеспечении *i*-той дисциплины *j*-того учебного плана.

Степень обеспеченности учебной дисциплины учебно-методическим комплексом с учетом книгообеспеченности

$$УМКД^{к}_{ji} = \frac{(\%ЛК)_{ji} \cdot (a+1) \cdot ЛК_{ji} \cdot К^{л}_{ул\,ji} + (\%ПЗ)_{ji} \cdot (b+1) \cdot ПЗ_{ji} \cdot К^{п}_{ул\,ji} + (\%ЛБ)_{ji} \cdot (c+1) \cdot ЛБ_{ji} \cdot К^{б}_{ул\,ji}}{ОЧС_{ji}} + \frac{(\%СРк)_{ji} \cdot СРк_{ji} \cdot К^{к}_{ул\,ji}}{ОЧС_{ji}}, \quad (2)$$

где $К^{л}_{ул\,ji}$ – книгообеспеченность лекционных занятий по *i*-той дисциплине *j*-того учебного плана (если $К^{л}_{ул\,ji} > 1$, то в выражении принимается $К^{л}_{ул\,ji} = 1$);

$К^{п}_{ул\,ji}$ – книгообеспеченность практических занятий по *i*-той дисциплине *j*-того учебного плана (если $К^{п}_{ул\,ji} > 1$, то в выражении принимается $К^{п}_{ул\,ji} = 1$);

$К^{б}_{ул\,ji}$ – книгообеспеченность лабораторных занятий по *i*-той дисциплине *j*-того учебного плана (если $К^{б}_{ул\,ji} > 1$, то в выражении принимается $К^{б}_{ул\,ji} = 1$);

$К^{к}_{ул\,ji}$ – книгообеспеченность курсового проектирования и выполнения индивидуальных заданий по *i*-той дисциплине *j*-того учебного плана (если $К^{к}_{ул\,ji} > 1$, то в выражении принимается $К^{к}_{ул\,ji} = 1$).

Значения книгообеспеченности берут из карты обеспеченности *i*-той дисциплины *j*-того учебного плана учебно-методической литературой.

Степень обеспеченности *i*-той дисциплины *j*-того учебного плана электронным учебно-методическим комплексом

$$УМКД^{э}_{ji} = \frac{(\%ЛК)^{э}_{ji} \cdot (a+1) \cdot ЛК_{ji} + (\%ПЗ)^{э}_{ji} \cdot (b+1) \cdot ПЗ_{ji} + (\%ЛБ)^{э}_{ji} \cdot (c+1) \cdot ЛБ_{ji}}{ОЧС_{ji}} + \frac{(\%СРк)^{э}_{ji} \cdot СРк_{ji}}{ОЧС_{ji}}, \quad (3)$$

где $(\%ЛК)^{э}_{ji}$ – процент соответствия объема и содержания электронных

учебника, учебного пособия, конспекта лекций объему и содержанию лекционных занятий в рабочей программе i-той учебной дисциплины j-того учебного плана;

$(\%ПЗ)^{э}_{ji}$ – процент соответствия объема и содержания электронных сборника задач и упражнений, методических указаний или программы семинаров объему и содержанию практических и семинарских занятий в рабочей программе i-той учебной дисциплины j-того учебного плана;

$(\%ЛБ)^{э}_{ji}$ – процент соответствия объема и содержания электронных методических указаний объему и содержанию лабораторных занятий в рабочей программе i-той учебной дисциплины j-того учебного плана;

$(\%СРк)^{э}_{ji}$ – процент соответствия объема и содержания электронных учебного пособия или методических указаний объему и содержанию курсового проектирования в рабочей программе i-той учебной дисциплины j-того учебного плана.

Степень обеспеченности специальности (направления) учебно-методическими комплексами ($УМКС_j$)

$$УМКС_j = \frac{\sum_{i=1}^{n} УМКД_{ji} \cdot ОЧС_{ji} + (\%ПР)_j \cdot ПР_j + (\%ДП)_j \cdot ДП_j}{\sum_{i=1}^{n} ОЧС_{ji} + ПР_j + ДП_j}, \qquad (4)$$

где $УМКД_{ji}$ – степень обеспеченности i-той дисциплины j-того учебного плана учебно-методическим комплексом;

n – число учебных дисциплин j-того учебного плана;

$ОЧС_{ji}$ – число часов по j-тому учебному плану на изучение i-той дисциплины учебного плана по специальности (направлению);

$ПР_j = 6 \cdot n_{пр\,j}$ – число часов, отводимое студенту по j-тому учебному плану для прохождения практики;

$ДП_j = 9 \cdot n_{дп\,j}$ – число часов, отводимое студенту по j-тому учебному плану на дипломное проектирование;

$n_{пр\,j}$ – число дней практик по j-тому учебному плану;

$n_{дп\,j}$ – число дней дипломного проектирования по j-тому учебному плану;

$(\%ПР)_j$ – процент соответствия объема и содержания программ практик по j-тому учебному плану объему и содержанию практик;

$(\%ДП)_j$ – процент соответствия объема и содержания методических указаний по выполнению выпускной квалификационной

работы по *j*-тому учебному плану объему и содержанию дипломного проектирования.

Если $УМКС_j$ = 100% и полностью представлены документы согласно перечню обязательных организационно-правовых и организационно-распорядительных документов по организации учебного процесса и регламентирующих социально-воспитательную работу со студентами, то это свидетельствует о полном выполнении на *j*-той специальности критерия государственной аккредитации "Процент учебных дисциплин основной образовательной программы, обеспеченных учебно-методическими комплексами".

Если $УМКД_{ji}$ = 100%, то это свидетельствует о полном методическом обеспечении учебной дисциплины учебного плана и является основанием для поощрения преподавателя за полноту методического обеспечения.

Список литературы

1. *Ерунов,В.П. Рейтинговая оценка обеспеченности дисциплин учебно-методическими комплексами / В.П. Ерунов // Труды всероссийской научно-методической конференции «Энергетика: состояние, проблемы, перспективы.» – Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2007. – С. 501 – 508.*

2. *Ерунов,В.П. Квалиметрическая основа системы качества вуза: монография/ В.П.Ерунов; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ,2009. – 313 с. ISBN 978-5-7410-1005-1.*

ИСТОРИЯ ВОПРОСА СТАТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ СИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Ждан К.А.
Оренбургский государственный университет

В настоящее время [1] широко применяются крупные синхронные двигатели в системах электропривода насосных, вентиляторных и компрессорных установок. Применение таких двигателей обусловлено рядом существенных преимуществ, а именно:

- в сравнении с асинхронными машинами с такой же мощностью, обладают более высоким КПД;
- независимостью частоты вращения от нагрузки на валу электродвигателя;
- меньшей зависимостью вращающего момента от подводимого напряжения;
- возможностью использования двигателя для компенсации реактивной мощности.

Разделить систему автоматизации современных промышленных объектов с использованием высоковольтных СД можно на 3 подсистемы: автоматизация электроснабжения двигателей; автоматизация вспомогательного оборудования; автоматизация процессов самого промышленного объекта. Чтобы двигатель работал в состоянии устойчивости, необходимо обеспечить слаженную работу этих подсистем. Но в настоящее время имеют место ситуации, когда настройкой, вводом в эксплуатацию и обслуживанием занимаются различные службы и организации. Все это приводит к отсутствию должного комплексного подхода к автоматизации промышленных объектов.

Стоит отметить, что отсутствуют руководящие указания и нормативные документы, которые регламентируют выстраивание системы автоматизации, учитывая возможность возникновения перехода двигателей в асинхронный режим работы.

Интерес ученых [2] к устойчивости СД объясняется электромагнитной связью ротора машины с магнитной осью поля статора, которая приводит к ярко выраженному колебательному характеру переходных процессов при внешних возмущениях. С математической точки зрения, статическая устойчивость синхронного двигателя (СД) позволяет говорит об асимптотической устойчивости его стационарного режима. На практике подобное означает, что возникающие небольшие возмущения в ходе процессе полностью устраняются, т.е. опускаются до нуля. СД может выпасть из синхронизма, что приведет к аварии, если колебания будут возникать при неустойчивом стационарном режиме. Кроме того, отрицательным эффектом обладает и колебательность выходного напряжения синхронного генератора.

В [3] авторами были разработаны математические модели синхронных двигателей с целью анализа запаса статической устойчивости. В статье описаны основные причины, от которых зависит устойчивость синхронных двигателей:

- электрическая удаленность СД по отношению к системе;
- коэффициент загрузки (чем он больше, тем меньше устойчивость);
- начальное значение угла δ.

Потеря устойчивости синхронных электродвигателей означает нарушение их синхронной работы (выпадение из синхронизма) в виде перехода в асинхронный режим. Перегрузочная способность [7] синхронной машины зависит только от параметров установившегося режима работы: с увеличением магнитного потока возбуждения или воздушного зазора при постоянном потоке возбуждения перегрузочная способность возрастает, а с увеличением активного сопротивления в цепи обмотки статора – уменьшается. При расчетах статической устойчивости синхронных машин необходимо учитывать влияние переходных процессов в обмотке статора. Область устойчивой работы также в значительной степени зависит от параметров демпферных обмоток, следовательно, выбором их параметров можно исключить возможность появления самораскачивания синхронного двигателя.

В [4] особую ценность представляют проведенные автором исследования специальных режимов работы синхронных машин и практические рекомендации по допустимости таких режимов. На различных примерах расчетов рассмотрено влияние изменений напряжения и частоты сети на режим работы синхронного двигателя. Автор отмечает, что главное преимущество синхронных двигателей перед асинхронными – возможность изменять реактивную мощность путем изменения тока возбуждения. Также, приведена информация об автоматическом регулировании возбуждения: его применение на синхронных двигателях при их достаточном удельном весе имеет большое значение для устойчивости узлов нагрузки и энергосистемы в целом и создает благоприятные условия для их прямого пуска после кратковременного снижения напряжения. Крупные синхронные двигатели широко применяются в современной промышленности большинства стран мира, повышая устойчивость узлов нагрузки и улучшая энергетические показатели систем электроснабжения. Эти свойства синхронных двигателей в значительной мере определяются типом возбудителя и автоматического регулятора возбуждения. Авторами приведены результаты исследований и методы расчета статических и бесщеточных систем возбуждения крупных синхронных двигателей, применяемые при проектировании систем возбуждения, серийно выпускающихся отечественной промышленностью.

В [5] автор указывает, что зависимость потокосцеплений статора и ротора от соответствующих токов вследствие насыщения стали машины нелинейна. При зависимости синхронных реактивностей машины от токов статора и ротора кривая нагрузочной характеристики идет в некоторых случаях выше соответствующей кривой, рассчитанной для машины, реактивности которой принимаются постоянными. Поэтому, при одном и том же предельном угле

устойчивой работы мощность, отдаваемая в сеть насыщенной машиной, будет больше, чем у ненасыщенной. Автор рассматривает отдельно условия устойчивости явнополюсных и неявнополюсных машин.

Важную роль в изучении вопросов электропривода имеет научная подготовка инженеров. Под руководством С. Ринкевича, профессора Ленинградского электротехнического института, в 1922г. была создана специальность «Электрификация промышленности», выпускавшая специалистов в области электропривода.

Спустя 3 года профессор выпускает книгу «Электрическое распространение механической энергии". Эта книга явилась первым систематизированным трудом, где рассматривались во всей полноте вопросы практики и теории электропривода. В дальнейшем, в трудах проф. В.К. Попова «Применение электродвигателей в промышленности» (1932-1939гг.) и работах Р.Л. Аронова, Д.П. Морозова развивается теория данного вопроса, а в трудах академиков М.П. Костенко, В.С. Кулебакина, а также А.Г. Иосифьяна, освещаются вопросы автоматического управления электроприводами.

Г. Крон в 1942гг. создал обобщенную теорию электрических машин, основой которой стали дифференциальные уравнения идеализированной обобщенной электрической машины, и разработал методы тензорного и матричного анализов электрических цепей и машин. Теория синхронных машин в настоящее время исследована в полной мере и обеспечивает достаточно высокие показатели работы двигателей и генераторов, а также эффективно управляет существующими машинами. Но при этом, теория устойчивости синхронных машин применяется в основном для крупных синхронных генераторов, хотя до сих пор остаются вопросы, как на практике применить ее для синхронных электродвигателей малой и средней мощности.

Также, проводятся исследования получающих в настоящее время всё большее распространение типов синхронных машин – асинхронизированных синхронных машин и синхронных генераторов малой мощности. Следует отметить, что в теоретических разработках [6] чаще всего рассматриваются простейшие случаи применения теории устойчивости для синхронных машин, как правило, рассматриваются примеры «машина – линия - шины бесконечной мощности».

Множество научных коллективов и отдельных работников в настоящее время занимаются исследованиями, связанных с сохранением устойчивости работы крупных СД. Работой в данной области занимаются зарубежные и отечественные исследователи, такие как И.Г. Плотников, М.А. Эдлин, Сычев, Б.Ю. А.С. Гусев, С.В. Свечкарев, Л.Ф. Борисов, И.Л. Плодистый, Ю.А. Васильев, Е.К. Лоханин, Ю.П. Сурин, Т.О. Товстяк, А.И. Скрыпник, В.А. Глаголев.

Повысить уровень устойчивости электрической системы можно изменив параметры её элементов, параметры её режима или введением дополнительных устройств. Например, для повышения статической устойчивости синхронного двигателя применяется автоматический регулятор возбуждения, который

наряду с другими функциями обеспечивает увеличение тока возбуждения при возрастании нагрузки и тем самым повышает амплитуду угловой характеристики. Следовательно, увеличивается коэффициент запаса статической устойчивости двигателя.

Список литературы

1. *Михалев С.В. Система поддержания устойчивости работы синхронных электродвигателей 6-10 кВ: Дисс. канд. техн. наук: 05.09.03: защищена 16.03.2014: утв. 17.07.2014.-Санкт-Петербург, 2014.*
2. *Ерохина Т.П., Великий И.В., Крайцер И.И. Статическая устойчивость синхронных двигателей в узлах нагрузки систем электроснабжения.//Успехи современной науки и образования №6: Клюев Сергей Васильевич, 2016г.*
3. *Малафеев А.В., Буланова О.В., Ахметханов А.М. Исследование статической устойчивости синхронных двигателей в условиях системы электроснабжения ОАО «ММК» при параллельной работе с энергосистемой.//Электротехнические системы и комплексы №1: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2010г.-32-35с.*
4. *Сыромятников И.А. Режимы работы асинхронных и синхронных двигателей/Под ред. Л.Г. Мамиконянца. – 4-е изд., переработ. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 240с.*
5. *Горев, А.А. Переходные процессы синхронной машины/ А.А. Горев М., Л.:Государственное энергетическое издательство, 1950. – 552 с.*
6. *Юрганов, А.А. Регулирование возбуждения синхронных генераторов/ А.А. Юрганов, В.А. Кожевников. – Санкт-Петербург: Наука, 1996. – 138 с.*
7. *Сипайлов Г.А., Е.В. Кононенко, К.А. Хорьков Электрические машины (специальный курс). - 2-е изд., перераб. и доп. — Учеб. для вузов по спец. "Электрические машины". — М.: Высшая школа, 1987. — 287 с.*

ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИКИ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ»

Задорожный В.Д., канд. техн. наук., доцент
Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ОГУ

Условия развития науки и техники, возрастание потребностей производства в квалифицированных специалистах выдвигают необходимость совершенствования и развития методов и средств профессиональной подготовки. Как никогда актуально перед ВУЗами России стоит задача повышения качества знаний, умений и навыков, обеспечивающих конкурентоспособность специалистов на рынке интеллектуального труда. Одним из путей решения указанной проблемы является совершенствование методики обучения студентов.

Актуальность совершенствования методики обучения учебным дисциплинам в ВУЗе обусловлена многими обстоятельствами. Например, в настоящее время недостаточно разработаны методические подходы к обучению студентов электроэнергетическим дисциплинам в технических ВУЗах [1].

Электроэнергетика, являясь ведущей отраслью экономики Российской Федерации, является неотъемлемым фактором обеспечения цивилизованной жизни всех граждан страны. В этих условиях особую значимость обретают нормы закона. К сожалению, программы учебных дисциплин по направлению подготовки бакалавров 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» не в полной мере акцентируют внимание на содержание основных документов, которые регулируют правовые отношения в сфере электроэнергетики. Этими документами, кроме Конституции Российской Федерации, являются Федеральные законы РФ, Указы Президента РФ и Правительства РФ. В число действующих Федеральных законов РФ, распространяющихся на электроэнергетику, входят Федеральные законы:

- Об электроэнергетике;
- Об энергосбережении;
- Об использовании атомной энергии;
- О безопасности опасных производственных объектов;
- О безопасности гидротехнических сооружений;
- О техническом регулировании;
- федеральные законы, устанавливающие правовые отношения в сфере охраны окружающей среды [2].

Необходимость изучения основных положений перечисленных документов возникает уже на начальной стадии обучения. Наиболее подходящей учебной дисциплиной для приобретения первичных знаний в правовой сфере электроэнергетики является дисциплина «Основы электроэнергетики». Она относится к базовой части учебного плана подготовки бакалавров по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Именно эта учебная дисциплина, читаемая в первом семестре, закладывает

фундамент для дальнейшего изучения электротехнических и электроэнергетических дисциплин. Наряду с изучением теоретических основ электроэнергетики она должна сформировать компетенции в правовой области этой ведущей отрасли промышленности. В первых разделах «Основ электроэнергетики» необходимо акцентировать внимание студентов на соответствие изучаемых терминов, определений, понятий и правил, таких как: Единая энергетическая система России, субъекты и объекты электроэнергетики, потребители электрической энергии и мощности и др. основополагающему нормативному документу – Федеральному закону «Об электроэнергетике», а именно статье 3 «Определение основных понятий» [3]. В дальнейшем в процессе освоения дисциплины студенты должны получить четкое представление о содержании остальных глав закона, таких как: «Основы организации электроэнергетики», «Единая национальная (Общероссийская) электрическая сеть», «Система государственного регулирования и контроля в электроэнергетике».

Особое внимание следует уделить федеральному закону «Об использовании атомной энергии», где установлена необходимость разработки и применения федеральных норм и правил [4]. В законе признается высокий риск для населения и окружающей среды потенциальной опасности от объектов использования атомной энергии, а потому указывается необходимость применения более строгого подхода к нормативному регулированию, чем в других сферах экономики.

В ходе изучения дисциплины необходимо уделять внимание и другим нормативным актам законодательной базы Российской Федерации в области энергетики. Например, в Энергетической стратегией России на период до 2020 г. четко обозначены задачи, регламентирующие деятельность энергетического сектора, который:

• обеспечивает функционирование всех отраслей национального хозяйства;

• способствует консолидации субъектов Российской Федерации;

• во многом определяет формирование основных финансово-экономических показателей страны;

• создает необходимые предпосылки для вывода экономики страны на путь устойчивого развития, обеспечивающего рост благосостояния и повышение уровня жизни населения [5].

При рассмотрении темы дисциплины по атомной энергетике необходимо также акцентировать внимание студентов на Постановление Правительства Российской Федерации «Развитие атомного энергопромышленного комплекса». В нем в рамках Национальной Программы инновационно-интеллектуального развития электроэнергетики России рассматриваются вопросы сохранения геополитических позиций России в условиях соблюдения режима нераспространения ядерных материалов и технологий обеспечения стабильного развития атомного энергопромышленного

комплекса в интересах инновационного развития российской экономики и безопасного использования атомной энергии [6,7].

При рассмотрении вопросов, связанных с обеспечением безопасности работы с электроустановками необходимо руководствоваться положениями разработанных в рамках Федерального закона «О техническом регулировании» технических регламентов [8]:

- О безопасности высоковольтного оборудования;
- О безопасности низковольтного оборудования;
- Об электромагнитной совместимости;
- О безопасности электрических станций и сетей.

Особое внимание при изучении учебной дисциплины «Основы электроэнергетики» следует обратить основному локальному нормативному документу «Правила устройства электроустановок» [9]. Это связано с тем, что одним из основных видов деятельности выпускников освоивших программу академического бакалавриата является проектно-конструкторская деятельность в области электроэнергетики, которая, в частности, регламентирована данным документом.

Таким образом, включение в программу учебной дисциплины «Основы электроэнергетики» разделов, касающихся изучению нормативно-правовой базы электроэнергетики, даст возможность не только повысить качество обучения, но и заложить основы профессиональной компетентности будущих специалистов энергетической отрасли.

Список литературы

1.Дунаева, М.Г. Методика обучения электроэнергетическим дисциплинам в профессионально-педагогическом вузе [Электронный ресурс] : диссертация / М.Г. Дунаева. – Екатеринбург -Библиотека авторефератов и диссертаций по педагогике - Режим доступа : ***http ://nauka-pedagogika.com/pedagogika-13-00-02****.*

2. Калиберда, И.В. Формирование нормативно правовой и нормативно технической базы в сфере электроэнергетики [Электронный ресурс] / И.В. Калиберда //, Журнал «Энергонадзор и энергобезопасность» №4 2007 г. / www.iestream.ru*.*

3. Федеральный закон Российской Федерации от 26 марта 2003 г. № 35-ФЗ «Об электроэнергетике».

4. Федеральный закон Российской Федерации от 21 ноября 1995 г. № 31-ФЗ «Об использовании атомной энергии».

5. Национальная программа «Энергетическая стратегия России на период до 2020 г., утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 августа 2003 г. № 1234-з.

6. Национальная программа «Развитие атомного энергопромышленного комплекса», утверждена Постановлением Правительства Российской Федерации от 28 марта 2017г. №344-11.

7. Окороков, В. Р. Интеллектуальные энергетические системы: возможности и эффективность. Часть 1. Технологические и социально-экономические основания их создания / В.Р. Окороков, И.О. Волкова, Р.В. Окороков. //Академия Энергетики. 2010. С. 56—64.

8. Федеральный закон Российской Федерации от 27 декабря 2002 года № 184-ФЗ «О техническом регулировании».

9. Правила устройства электроустановок. - Москва: Высшая школа, 2005. - 192 с.

ОСОБЕННОСТИ НАГРЕВА И ОХЛАЖДЕНИЯ ПРОВОДНИКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ

Иванов В.С., Мишенин В.В.
Оренбургский государственный университет

Обустройство электроснабжения загородного дома – задача довольно непростая и многогранная. Чтобы электрическая сеть была надёжной и стабильной, необходимо учесть множество нюансов, как при проектировании, так и при монтаже. Кроме этого нужно помнить, что она должна обладать высоким уровнем безопасности. Большое влияние на проводник оказывает температура, поэтому при проектирование схемы электроснабжения необходимо руководствоваться ПУЭ и разработанному проекту. Рассмотрим влияние температуры на состояние проводника, а также влияние условий в которых проводник проложен.

Протекание электрического тока через проводник вызывает его нагревание. Количество тепла, выделяемое при протекании тока через проводник, будет пропорционально квадрату тока, сопротивлению проводника и времени протекания. В процессе выделения тепла температура провода или кабеля начнет превышать температуру окружающей среды. Соответственно начнется процесс отдачи тепла проводом в окружающую среду. Этот процесс будет продолжаться до наступления теплового равновесия – когда количество отдаваемого кабелем тепла в окружающую среду станет равным количеству получаемого тепла от протекания электрического тока. На практике довольно часто используют понятие температуры перегрева, которая равна разности температур провода и окружающей среды. Чрезмерно высокая температура проводов и кабелей приводит к преждевременному высыханию изоляции, а у проводников без изоляции к ускоренному окислению соединительных контактов и, как следствие, ухудшению проводимости. Кроме того, перегрев сверх допустимых величин может приводить к пожарам. Поэтому в ПУЭ устанавливаются допустимые максимально длительно температуры проводов и кабелей.

На примере однородного проводника рассмотрим основные условия нагрева и охлаждения электрического оборудования. Когда через проводник, температура которого совпадает с температурой окружающей среды, проходит ток, температура проводника с течением времени увеличивается, так как вся энергия потерь при прохождении тока преобразуется в тепло. Скорость повышения температуры проводника при нагреве током зависит от таких параметров как: соотношение между количеством выделяющегося тепла и интенсивностью его отвода, теплопоглощающая способность проводника [2].

Количество тепла, выделенного в проводнике в течение времени dt, будет составлять:

$$\partial Q = P * \partial t = I^2 * R_a * \partial t \qquad (1)$$

где I — действующее значение тока, проходящего по проводнику, А;

Ra — активное сопротивление проводника при переменном токе, Ом;

P—мощность потерь, переходящих в тепло, Вт.

Часть полученного тепла идет на нагрев проводника и повышение его температуры, а часть отводится с поверхности проводника за счет теплоотдачи.

Энергия, которая за счет процесса теплоотдачи отводится с поверхности проводника в течение времени dt, пропорциональна превышению температуры проводника над температурой окружающей среды:

$$\partial Q_2 = K * F * (v - v_0) * \partial t = K * F * \theta * \partial t \qquad (2)$$

где К — общий коэффициент теплоотдачи, учитывающий все виды теплоотдачи, Вт/см2 °С;

F — поверхность охлаждения проводника, см2,

$$\theta = (v - v_0) \qquad (3)$$

v и v0—температуры проводника и окружающей среды, °С.

Уравнение теплового баланса за время неустановившегося теплового процесса можно представить в следующем виде [5]:

$$\partial Q = \partial Q_1 + \partial Q_2$$

$$I^2 * R_a * \partial t = G * c * \partial\theta + K * F * \theta * \partial t \qquad (4)$$

$$\frac{I^2 * R_a}{G * c} = \frac{\partial\theta}{\partial t} + \frac{K * F}{G * c} * \theta$$

В условиях нормального режима, когда изменение температуры проводника происходит в небольшом диапазоне, можно принять, что R, c, K являются постоянными величинами. Так же следует учесть, что до включения тока проводник имел температуру окружающей среды, значит начальное превышение температуры проводника над температурой окружающей среды равно нулю.

Решение данного дифференциального уравнения нагрева проводника будет выглядеть следующим образом:

$$\theta = A * e^{-\frac{K*F}{G*c}*t} + \frac{I^2 * R_a}{K*F} \qquad (5)$$

где А — постоянная интегрирования, зависящая от начальных условий.

При t = 0 Θ = 0, т. е. в начальный момент нагреваемый проводник имеет температуру окружающей среды.

Тогда для t = 0 получаем:

$$\theta = A + \frac{I^2 * R_a}{K * F} \qquad \text{и } A = -\frac{I^2 * R_a}{K * F} \tag{6}$$

Подставляя значение постоянной интегрирования А, получаем:

$$\theta = (v - v_0) = \frac{I^2 * R_a}{K * F} * \left(1 - e^{-\frac{K * F}{G * c} * t}\right) \tag{7}$$

Процесс перегрева будет в том случае, если выбранные условия прокладки будут обладать низкой теплоотдачей в окружающую среду за время dt. Лучше всех отводят тепло строительный гипс и древесина, но древесина имеет свойство возгораться, в этом случаи необходимо строго руководствоваться ПУЭ. Хуже всего отводят тепло цемент и цементная штукатурка. Зачастую именно под цементной штукатуркой, куда доступ ограничен, возникает аварийная ситуация, связанная с перегревом, что приводит к нарушению изоляции проводников, а как следствие – к короткому замыканию. Номинальная нагрузка проводов по току зависит от условий охлаждения проводников. Провода, проложенные в стенах, каналах и трубах, не обдуваются воздухом, поэтому медленнее остывают. Толстые провода отдают тепло хуже, чем тонкие и выдерживают меньшую плотность тока. Плотность тока определяется делением допустимого тока на сечение проводников. Чтобы избежать перегрева проводника и возможных негативных последствий, необходимо правильно выбирать кабель для различных видов подключения, учитывать каждый фактор, влияющий на нагрев электрического кабеля и степень нагрева самого кабеля [7].

Таким образом, анализ литературных источников, а также изучение особенностей нагрева и охлаждения проводника электрическим током позволил сделать вывод о необходимости контроля температуры проводника в период его последующей эксплуатации.

Список литературы

1. Иванов, В.С., Актуальность исследования системы электроснабжения частного дома [Электронный ресурс] / Иванов В.С., Исхаков Т.М.: материалы Всероссийской научно-методической конференции – Оренбург: ОГУ, 2017.

2. Сибикин, Ю.Д., Электроснабжение промышленных предприятий и установок / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин, В.А. Яшков. – М.: Высшая школа, 2001. – 336 с.

3. Табунщиков Ю.А. Энергоэффективные здания [Электронный ресурс] / Табунщиков Ю.А., Бродач М.М., Шилкин Н.В. // М. : АВОК-ПРЕСС, 2003.

4. *Балаков, Ю.Н., Проектирование схем электроустановок / Ю.А. Балаков, М.Ш. Мисриханов, А.В. Шунтов. – М.: МЭИ, 2006. – 287 с.*

5. *Кабышев, А.В., Расчет и проектирование систем электроснабжения: Справочные материалы по электрооборудованию: Учеб. пособие/ А.В. Кабышев, С.Г. Обухов. - Томск: Том.политехн.ун-т., 2005. – 168 с.*

6. *Интернет версия журнала Barlette. Строительство – архитектура – дизайн – Режим доступа: http://barlette.ru/journal/article/568.html*

7. *Электроснабжение загородного дома – Режим доступа: http://elektrik24.net/provodka/v-chastnom-dome/skhema-elektroprovodki.html*

АНАЛИЗ И ВНЕДРЕНИЕ BIM – ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

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 используется информационное моделирование (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.

Функциональные возможности современных программных комплексов, обеспечивает повышение качества проектов и производительности труда разработчиков. Один из главных плюсов проектирования с применением BIM – технологий, является освобождение инженера – проектировщика от рутинной работы: маркировки оборудования, громоздких расчетов, определения потребности в оборудовании, материалах, покупных изделиях и сведения результатов в спецификации, ведения кабельного журнала, формирования принципиальных схем электрической сети. При этом риск возникновения ошибок в проектной документации, вызванных «человеческим фактором», является минимальным.

Чтобы использовать в проектировании все возможности новейших технологий на профессиональном уровне, необходимо понимать, что переход на BIM технологии – это еще и комплекс мер, которые способствуют изменению всех смежных процессов и технологии проектирования. Внедрение информационного моделирования можно разделить на такие уровни как:

Базовый

В базовый уровень проектирования входит проектная документация в двухмерном формате без использования трехмерных данных.

Начальный

На начальном уровне используется двухмерное проектирование или трехмерное, дополненное некоторыми форматами, структурными данными.

Высокий

На высоком уровне развития и внедрения BIM – технологий – трехмерные проекты, включающие в себя «инструменты BIM» с входящими в них данными. Которые в свою очередь предполагают согласованность чертежей с моделью, возможность визуализированного представления модели. Определение цены проекта, автоматическое выявление неполноценности модели, планирование и управление строительством, – все это можно выяснить на «высоком» уровне BIM технологий.

Итоговый

Собранная воедино трехмерная среда представляет итоговый уровень. Взаимосвязанная модель строительных объемов, данные о затратах и управление жизненным циклом проекта характеризуют данный уровень. В настоящее время, содержание запросов к этому уровню чаще всего и является предметом постоянных споров специалистов, в которых совершенствуется его общее изучение. При этом планируется, что в ближайшем будущем итоговый уровень станет главным показателем развития BIM в строительной промышленности.

Проблемы, возникающие при переходе на BIM – проектирование, могут иметь уникальные черты, которые необходимо рассматривать и изучать. Непосредственно, это и вопрос о кадрах: персонал нужно учить новой методологии, а вновь взятые на работу сотрудники обязаны будут владеть этими знаниями. Процессы, происходящие внутри организации, и разделение людей по командам будут модифицироваться. Немаловажно установить, кто в организации будет в состоянии быть лидером во внедрении БИМ и поддерживать остальных в процессе перехода.

При переходе на технологию BIM в проектной группе необходимо появление новой функциональной единицы: BIM – менеджера. Информационно – технологическое управление – главная задача BIM – менеджеров. Создание модели и согласование действий всех участников проектного процесса также входит в обязанности этого специалиста. Также существуют такие специалисты нового типа как: BIM – мастера и BIM – координатора. В процессе обучения постигается знакомство с новейшим софтом, и при помощи экспертов отрабатываются навыки работы с ним. Под присмотром опытных консультантов специалисты этих категорий занимаются внедрением новой технологии на всем предприятии. Эта система обучения позволяет организациям результативно и комплексно разрешать проблемы, связанные с уровнем квалифицированности персонала и расходами на переход BIM–технологии. [2]

Зарубежный опыт уже доказывает свою высокую эффективность на практике, хотя для некоторых компаний внедрение BIM–технологий пока еще остается неразрешенным. В некоторых зарубежных странах информационное моделирование зданий поддерживается на государственном уровне развития.

Переход на BIM технологии – логичный и необратимый процесс технологии в проектировании. Однако наряду с безусловными достоинствами, процесс внедрения информационного моделирования в России продвигается достаточно медленно и вызывает множество вопросов у инженеров конструкторов. На основании проведенного анализа внедрения BIM – технологий на предприятии, сделан вывод, что BIM–технологии всё ещё на раннем этапе развития, и эта область недостаточно исследована, особенно в сегменте электрических сетей.

Список литературы

1. Талапов В.В. Основы BIM. Введение в информационное моделирование зданий. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 392 с.

2. Талапов В.П. Технология BIM. Суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 410 с.

3. Ушаков Д.М. Введение в математические основы САПР. – Новосибирск: ЛЕДАС, 2012. – 208 с.

4. Чиковская И.И. Внедрение BIM — опыт, сценарии, ошибки, выводы // САПР и Графика. 2013. №8. С. 18–22

5. Антонов А., Емельянов А., Храпкин П. Использование САПР различных конфигураций // САПР и графика. — 2015. – 192 с. .

6. Талапов В.В. Информационное моделирование зданий – современное понимание // CADmaster. 2010. №4. С.114–121.

АНАЛИЗ СТАТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Каравайцев И.В.
Оренбургский государственный университет

Проблема повышения устойчивости работы узлов электрической нагрузки крупных многомашинных промышленных комплексов становится все более актуальной по мере укрупнения производства и усложнения технологических процессов.

В настоящее время эта проблема особенно остра для предприятий нефтяной и газовой промышленности, отличительными особенностями которых являются:

- непрерывность технологических процессов;
- большая единичная мощность электроприемников;
- высокая цена остановки предприятия;
- экологическая напряженность технологического процесса.

В ряде случаев ситуация осложняется определенным несоответствием потребностей промышленных электротехнических систем (ЭТС) и возможностей питающей энергосистемы. Результатом такого несоответствия является высокая частота аварийных остановок производства, что приводит к потерям сырья и конечных продуктов, ухудшению качества продукции, осложнению экологической обстановки, ускоренному износу оборудования, значительным затратам на восстановление технологического режима.

Подавляющее большинство отключений связано с кратковременными возмущениями в распределительных сетях питающей энергосистемы и на самом предприятии. Несмотря на то, что длительность воздействия подобных возмущений достаточно мала, их последствия бывают достаточно тяжелы. Зачастую аварийная ситуация осложняется тем, что автоматическое включение резерва (АВР) на различных уровнях напряжения не приводит к быстрому восстановлению нормального режима работы. Есть и другие сложности: пожаро- и взрывоопасность исходного сырья и конечных продуктов, высокая токсичность [1].

Решением таких проблем может быть повышение устойчивости ЭТС предприятия к кратковременным возмущениям, что позволит снизить частоту массовых отключений электрооборудования и облегчит их последствия. Таким образом, предлагаемая тема работы представляется весьма актуальной.

Объектом исследования являются потребители электроэнергии в составе системы электроснабжения Оренбургского газоперерабатывающего завода, среди которых были выделены асинхронный электропривод и статическая нагрузка. В качестве примера рассмотрен двигатель марки 4АРМ-1000/6000, подключенный к I секции шин ЗРУ №1, рисунок 1.

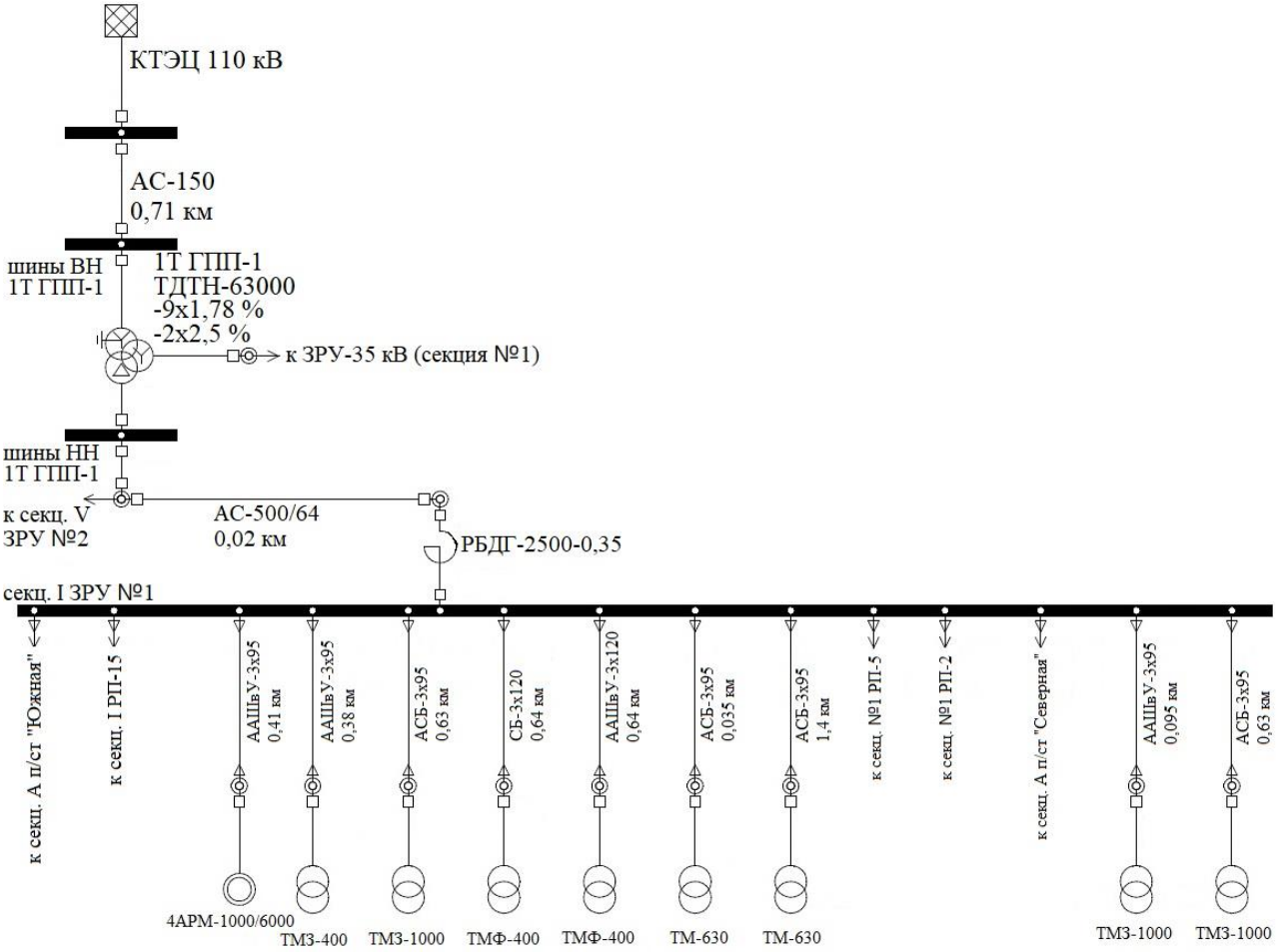


Рисунок 1 – Фрагмент однолинейной схемы электроснабжения Оренбургского газоперерабатывающего завода

Как известно [2], способы утяжеления исходного нормального режима могут быть различны:

1. Снижение ЭДС источников питания при неизменной схеме внешней сети.

2. Изменение схемы внешней сети.

3. Увеличение активной и реактивной нагрузки узла.

В данной работе утяжеление режима осуществлено путём снижения ЭДС источников питания. Для моделирования системы электропередачи в пакете MATLAB с помощью библиотек SimPowerSystems и Simulink потребовались следующие компоненты:

− Three-Phase Source в количестве 2 шт. – блоки источников питания, один из которых будет имитировать понижение ЭДС;

− Three-Phase Breaker – блоки выключателей в количестве 2 шт. для одновременного отсоединения одного источника питания и присоединения второго;

− Three-Phase V-I Measurement – блок для измерения токов и напряжений;

− Asynchronous Machine SI Units – модель асинхронного двигателя с заданием параметров в именованных единицах. Расчет параметров двигателя проводился согласно [3];

− Step в количестве 3 шт. – блок для подачи ступенчатого сигнала на входной порт асинхронного двигателя (номинальный момент), а также на входной порт выключателей Three-Phase Breaker для внешнего управления коммутацией;

− Three-Phase Series RLC Load – блок, имитирующий статическую нагрузку на шинах секции;

− осциллографы для наблюдения за графиками токов, напряжений, частоты вращения и момента двигателя.

Готовый вид модели показан на рисунке 2.

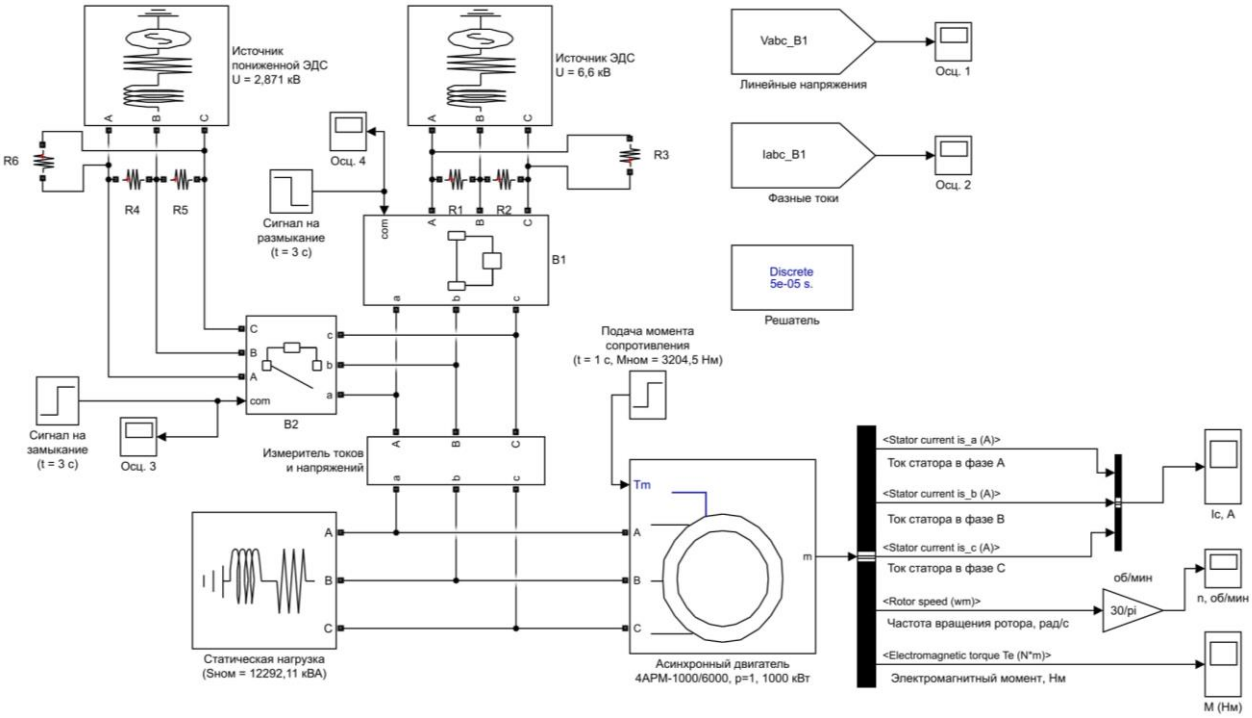


Рисунок 2 – Модель для испытания асинхронного двигателя в пакете MATLAB

Алгоритм работы модели:

1 шаг (t = 0 – 1 с): разгон двигателя на холостом ходу.

2 шаг (t = 1 – 3 с): наброс нагрузки на двигатель.

3 шаг (t от 3 до 6, 30 либо 60 с): перевод двигателя на питание от источника с пониженной ЭДС посредством выключателей.

Процесс анализа статической устойчивости двигателя проводился при начальном значении ЭДС вспомогательного источника, равном 50 % напряжения холостого хода обмотки НН трансформатора ГПП 1Т: 0,5 · 6,6 = 3,3 кВ. Если двигатель при этом сохранял устойчивость, то проводилось повторное моделирование переходного процесса с меньшим значением ЭДС второго источника.

В результате анализа было получено значение критического напряжения: $U_{кр}$ = 2,871 кВ. При U_0 = 6,6 кВ коэффициент запаса статической устойчивости по напряжению равен 56,5 %, что, согласно [4], является достаточным результатом для констатации того, что двигатель статически устойчив.

Зависимости частоты вращения ротора двигателя от времени моделирования приведены на рисунках 3 и 4.

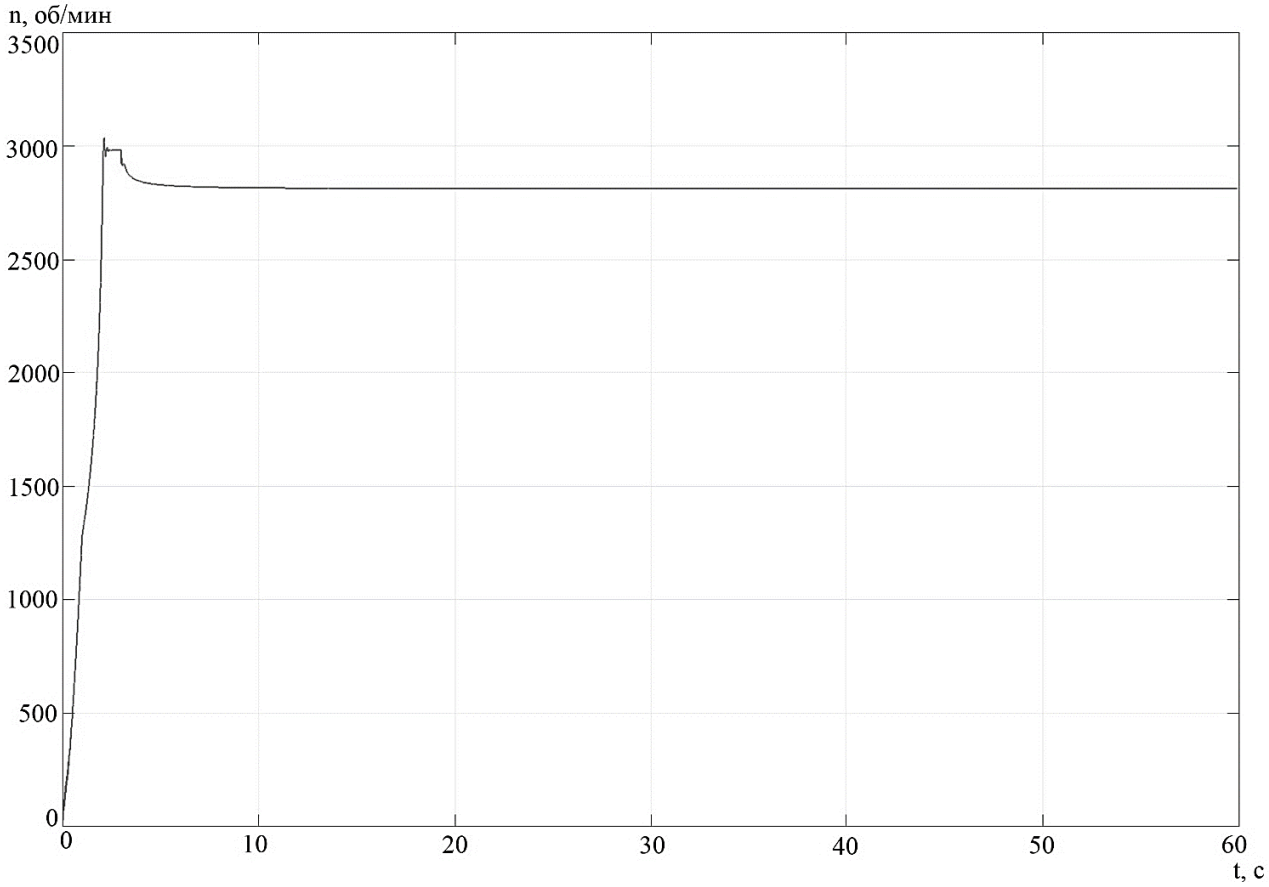


Рисунок 3 – Зависимость частоты вращения двигателя от времени моделирования n = f(t), $U_{2ист} = U_{кр}$ = 2,871 кВ, t = 60 с

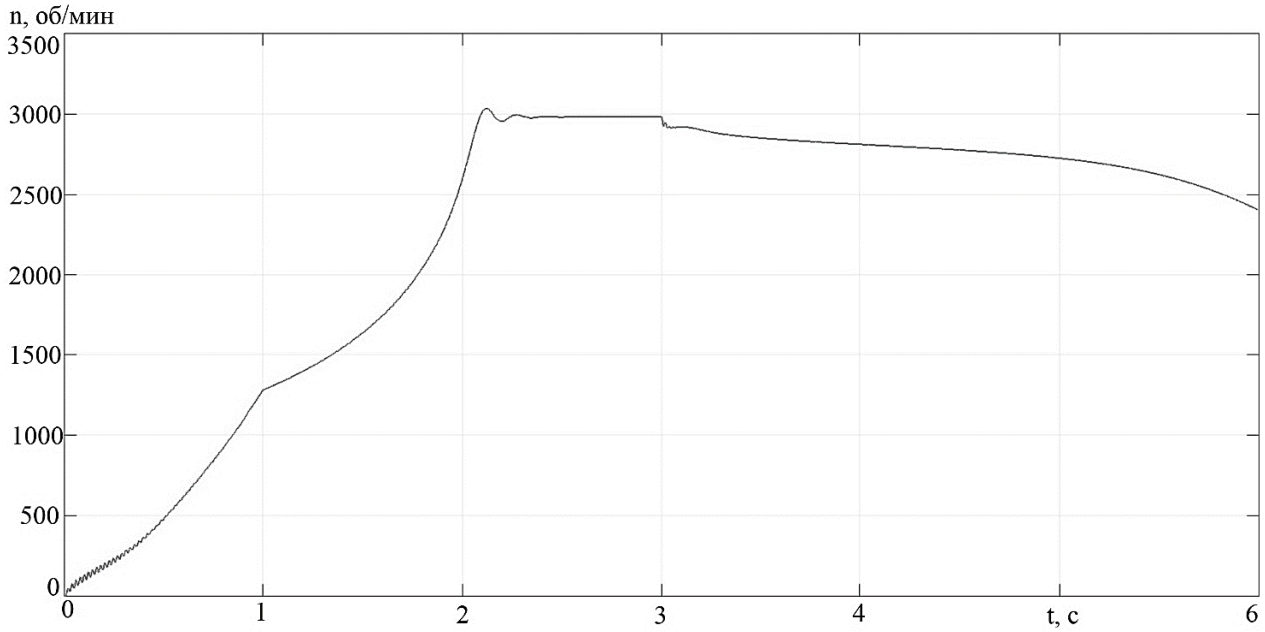


Рисунок 4 – Зависимость частоты вращения двигателя от времени моделирования n = f(t), $U_{2ист}$ = 2,8 кВ, t = 6 с

Список литературы

1. *Белоусенко, И. В. Некоторые проблемы и возможности обеспечения устойчивости электротехнических систем современных нефтегазовых производств / И. В. Белоусенко, А. В. Егоров, А. А. Трифонов // Промышленная энергетика. – 2015. – № 10. – С. 17-24.*
2. *Гуревич, Ю. Е. Устойчивость нагрузки электрических систем / Ю. Е. Гуревич, Л. Е. Либова, Э. А. Хачатрян. – М. : Энергоиздат, 1981. – 208 с.*
3. *Черных, И. В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink. – М. : ДМК Пресс; СПб. : Питер, 2008. – 288 с.*
4. *Методические указания по определению устойчивости энергосистем. Часть 2: РД 34.20.578: утв. Минэнерго СССР 24.03.77. – М. : СПО Союзтехэнерго, 1979.*

АЛГОРИТМ ПРОЦЕДУРЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТРЁХФАЗНЫХ СУХИХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ДЛЯ АБП

Кутарёв А.М., канд. техн. наук, доцент,
Падеев А.С., канд. техн. наук, доцент, Овчинников М.Е.
Оренбургский государственный университет

В общем случае задача оптимального проектирования трёхфазных сухих трансформаторов может быть сформулирована следующим образом: найти экстремум функции (минимум или максимум)

$$F(\overline{x}) = F(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \tag{1}$$

при условии, что

$$\varphi_i(\overline{\mathrm{x}}) \leq 0,$$

$$\varphi_J(\overline{\mathrm{x}}) \geq 0, \tag{2}$$

$$\varphi_{\text{к}min} \leq \varphi_{\text{к}}(\overline{\mathrm{x}}) \leq \varphi_{\text{к}max},$$

где $F(\overline{x})$ - целевая функция;

$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ – переменные величины, сочетание которых определяет исполнение трансформатора;

$\varphi_i(\overline{\mathrm{x}}), \varphi_J(\overline{\mathrm{x}}), \varphi_{\text{к}}(\overline{\mathrm{x}})$ - неравенства, определяющие условия работоспособности проектируемого трансформатора.

При проектировании трёхфазных сухих трансформаторов первого и второго габаритов для агрегатов бесперебойного питания (АБП) переменными величинами являются диаметр стержня $d_{\text{с}}$, магнитная индукция в стержне $\mathrm{B}_{\text{с}}$, плотность тока в обмотках трансформатора J_1 и J_2, размеры обмоточного провода, размеры каналов и т.д. Ряд переменных величин изменяется не непрерывно, а дискретно, например, диаметр стержня, размеры обмоточных проводов, размеры осевых и радиальных каналов. В этом плане задача оптимального проектирования трансформаторов относится к задачам дискретного математического программирования. Для решения подобных задач используют специальные методы [1].

К числу ограничений на проект трансформатора, определяющих условия работоспособности, относятся ограничения на значение напряжения короткого замыкания $(U_{kmin} \leq U_k \leq U_{kmax})$, потери и ток холостого хода $\left(P_{xx} \leq P_{xx\text{доп}} \text{ и } I_{xx} \leq I_{xx\text{доп}}\right)$, потери короткого замыкания $\left(P_{\text{кз}} \leq P_{\text{кздоп}}\right)$,

перегрев магнитопровода $(\theta_м \leq \theta_{доп})$и обмоток трансформатора $(\theta_1 \leq \theta_{доп}$ и $\theta_2 \leq \theta_{доп})$.

В задании на проектирование трансформатора для АБП оговаривается реактивная составляющая напряжения короткого замыкания $(U_{кр})$.

Для реализации программного обеспечения для проектирования трёхфазных сухих трансформаторов для АБП использован метод рационализированного перебора. Метод реализован по многоэтапной структурной схеме.

На первом этапе в качестве переменных выбраны непрерывно изменяющийся коэффициент k_1, равный относительному значению среднего диаметра канала потока рассеяния, средняя плотность тока в обмотках трансформатора $(J_{ср})$ и магнитная индукция в стержне (B_c).

Относительное значение коэффициента k_1 определяется выражением

$$k_1 = 1 + (2 \cdot a_{01} + 2 \cdot a_{11} + a_1 + a_{12} + a_2)/d_c, \quad (3)$$

где a_{01} – ширина канала между стержнем и внутренней поверхностью внутренней (расположенной ближе к стержню) обмотки;

a_{11} – ширина осевого канала, подразделяющего внутреннюю обмотку трансформатора на два концентра;

a_{12} – ширина осевого канала, между внутренней и внешней обмотками;

a_1 и a_2 – радиальный размер внутренней и, соответственно, внешней обмоток;

d_c – диаметр стержня.

Начальное значение коэффициента k_1 определяют по минимальному значению размеров a_1 и a_2. Максимальное значение коэффициента определяют, например, по значению ширины шкафа, в котором размещается трансформатор.

Минимальное и максимальное значение средней плотности тока в обмотках и магнитной индукции в стержне определяют заданием на проектирование трансформатора.

Плотность тока в обмотках определяют по расчётному значению средней плотности тока:

$$J_1 = k_{j1} \cdot J_{cp} \text{ и } J_2 = k_{j2} \cdot J_{cp}, \quad (4)$$

где $k_{j1(2)}$ – отношение плотности тока в обмотке к среднему значению J_{cp}.

Для обмоток трансформатора, расположенных ближе к стержню, условия отдачи тепла хуже, поэтому можно принять $k_{j1} = 0{,}9$. Для внешней обмотки трансформатора, условия отдачи тепла лучше (по крайней мере, внешняя поверхность охлаждения обмотки свободна) и можно принять $k_{j2} = 1{,}1$.

Расчётное значение магнитной индукции в стержне позволяет определить, предварительно, напряжение витка

$$U_{\text{в}} = 4{,}44 \cdot f \cdot F_{\text{ст}} \cdot B_c \tag{5}$$

и число витков каждой из обмоток трансформатора

$$W_{p1} = U_1/U_{\text{в}},$$
$$W_{p2} = U_2/U_{\text{в}}, \tag{6}$$

где $U_{1(2)}$ – номинальные напряжения внутренней и, соответственно, внешней обмотки трансформатора.

Расчётное значение коэффициента k_1 позволяет определить, предварительно, радиальный размер внутренней обмотки a_{p1}

$$D_0 = d_c \cdot (k_1 - 1) - a_{12} - 2 \cdot a_{01} - 2 \cdot a_{11},$$
$$a_{p1} = D_0 \cdot 0{,}5. \tag{7}$$

Для вычисления расчётной ширины канала потока рассеяния вычисляют сумму $a_1 + a_2$

$$a_1 + a_2 = a_1 a_2 = a_{p1} \cdot \left(1 - k_{bn} \cdot k_{j1}/\left(k_{nn} \cdot k_{j2}\right)\right), \tag{8}$$

где k_{bn} и k_{nn} – коэффициенты, определяющие отношение радиального размера обмотки (без каналов) к радиальному размеру обмотки без каналов и изоляции для внешней и внутренней обмотки соответственно.

Основной параметр трансформатора

$$\beta = m \cdot \pi \cdot k_1 \cdot d_c \cdot U_{\text{в}} \cdot J_{cp} \cdot k_{j1} \cdot a_{p1}/S_1/k_{\text{нн}}\,. \tag{9}$$

Расчётное значение высоты внутренней обмотки

$$h_1 = \pi \cdot k_1 \cdot d_c/\beta. \tag{10}$$

Предварительное значение реактивной составляющей напряжения короткого замыкания

$$U_{кр} = (a_1 a_2/3 + a_{11}/4 + a_{21}/4 + a_{12}) \cdot \beta \cdot S_1/(U_в^2 \cdot 80). \quad (11)$$

По расчётному значению напряжения короткого замыкания отсеивают не перспективные варианты проекта трансформатора, соответствующие текущим расчетным значениям переменных k_1, $J_{ср}$ и $B_с$. Оценку варианта проекта производят по условию

$$C_{min} \cdot U_{кр доп} \leq U_{кр} \leq C_{max} \cdot U_{кр доп}, \quad (12)$$

где C_{min} и C_{max} – коэффициенты, определяющие, предварительно, диапазон возможных перспективных вариантов проекта.

Если вариант проекта является перспективным, то выполняется следующий этап проектирования.

На втором этапе проектирования трансформатора проектируются обмотки трансформатора и магнитная система. Исходными данными к проектированию внутренней обмотки являются расчётные значения радиального размера обмоток a_{p1} и $a_1 a_2$, расчётная высота обмотки h_1, расчётное число витков обмоток W_{p1} и W_{p2}.

Проектирование обмоток (раскладка обмоток) выполняется методом полного перебора. Просматриваются все возможные варианты исполнения внутренней обмотки по числу слоёв, по числу витков в слое, по числу параллелей. По расчётным значениям размеров обмоточного провода просматриваются все возможные варианты стандартных обмоточных проводов. Уточняются размеры обмотки a_1 и h_1. Для каждого варианта проекта на втором этапе уточняется число витков внутренней обмотки и магнитная индукция в стержне. Аналогичным образом проектируется внешняя обмотка трансформатора.

После проектирования обмоток трансформатора определяются размеры магнитопровода и производится анализ очередного варианта проекта. По результатам оптимального проектирования трансформатора генерируется таблица с пятью лучшими вариантами проекта.

С целью возможного улучшения варианта проекта следует выполнить оптимальное проектирование со следующими диаметрами окружности d_c, в которую вписана ступенчатая фигура стержня и (или) изменить размеры каналов в обмотках.

Список литературы

1. Бородулин, Ю.Б. Автоматизированное проектирование силовых трансформаторов [Текст] / Ю.Б. Бородулин, В.А. Гусев, Г.В. Попов. – М.: Энергоатомиздат. 1987. – 264 с.: ил.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ЗАЗЕМЛЕНИЯ НА ЛАБОРАТОРНОМ СТЕНДЕ

Лукавенко Е.А., Суховеев А.В., Шлейников В.Б., канд. техн. наук
Оренбургский государственный университет

Цель работы:

1) Исследовать различные типы систем заземления и проанализировать работу систем заземления при возникновении несимметрии.

Задачи:

1) Выполнить лабораторное моделирование систем заземления TN-C/S/C-S, TT, IT и определить параметры систем заземления на стенде;
3) Выделить плюсы и минусы каждой из систем, сравнить их;
4) Проверить работу УЗО в различных системах заземления;
5) Составить компьютерную модель систем заземления в программе Matlab;
6) Рассчитать основные характеристики систем заземления (токи утечки, кз, и тд).

Актуальность темы состоит в том, что системы заземления TT и IT недостаточно распространены в виду того, что система электропитания в РФ не предназначена для установки систем заземления типа IT. Для установки данной системы необходима модернизация электросистемы, в которой будет установлен данный тип заземления.

Система TT — система, в которой нейтраль источника питания глухо заземлена, а открытые проводящие части электроустановки заземлены при помощи заземляющего устройства, электрически независимого от глухозаземленной нейтрали источника.

До недавнего времени система заземления TT была запрещена в РФ. Сегодня, эта система остается достаточно востребованной и используется для мобильных зданий. Применяется в первую очередь там, где условия по электробезопасности в системах TN-C, TN-C-S и TN-S не полностью обеспечены. Установка этой системы заземления допускается только в тех случаях, когда условия электробезопасности в системе TN не могут быть обеспечены.

В системе заземления IT величина тока замыкания на землю определяется качеством изоляции электрической сети относительно земли. При высоком качестве изоляции ток замыкания, утечки на землю будет незначительным. В этом случае при прямом прикосновении человека к токоведущим частям электроустановки величина тока, который будет протекать через человека,

будет определяться также сопротивлением изоляции, и при ее сопротивлении больше определенной величины не будет представлять опасности для жизни.

Поэтому величина сопротивления изоляции в сетях, в которых применяется система заземления IT, является фактором, который определяет, как надежность, так и электробезопасность при эксплуатации. Ввиду того, что в сетях, где применяется система заземления IT очень важно поддерживать сопротивление изоляции на достаточно высоком уровне, необходимо постоянно, причем в автоматическом режиме контролировать сопротивление изоляции для обеспечения должного качества электрозащиты.

«Составить план моделирования систем заземления TN-C/S/C-S, TT, IT»

Состав оборудования стенда «Режимы нейтрали и заземляющие устройства в электрических установках»:

- блок активной нагрузки;
- блок линейных реакторов (реактивной нагрузки);
- блок «модель ЛЭП»;
- трехфазный трансформатор;
- блок индуктивной нагрузки;
- трехфазный источник питания;
- блок мультиметров;
- модель замыкания на землю;
- однофазный источник питания.

«Смоделировать и замерить параметры систем заземления на стенде»

Замер параметров систем заземления производится с помощью блока мультиметров.

«Выделить плюсы и минусы каждой из систем, сравнить системы»

Сравнение систем производится по таким параметрам, как: экономичность, простота конструкции, безопасность.

«Составить компьютерную модель систем заземления»

Моделирование систем заземления осуществляется с помощью программ MatLab и MathCad.

В данной работе планируется исследовать работу различных типов систем заземления при возникновении несимметрии. Выделить плюсы и минусы каждой из систем и сравнить их между собой.

Моделирование систем заземления на компьютере в сравнении с имитационной моделью на стенде позволит определить погрешности приборов лабораторного стенда.

Вывод: Исследование данной темы позволит увеличить распространение систем заземления TT и IT в Российской Федерации.

Список литературы

1. «Правила устройства электроустановок». 7-е изд. Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2005. -512 с.

2. «Уточнение требований к типам заземления системы TN-C, TN-S, TN-C-S, TT и IT», Харечко Ю.В. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=22553865

3. «Методика определения системы заземления», Ремесник Д.В. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=26543993

4. «Типы систем заземления, преимущества и недостатки», Полунин А.А. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=24618120

5. «Области применения различных систем заземления нейтрали», Целебровский Ю.В. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=24208283

6. «Режимы заземления нейтрали в электрических системах», учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 140200 - "Электроэнергетика" Р. А. Вайнштейн, Н. В. Коломиец, В. В. Шестакова ; Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования "Нац. исследовательский Томский политехнический ун-т". [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=19578474

7. «Анализ режимов работы сетей с различным способом заземления нейтрали», Захаров И.О. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=30100897

8. «Заземление-зануление», Дубина Г.А., Ухтинский гос. технич. университет. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

http://www.elektro-journal.ru/archive/articles/951081359

9. «Выбор систем заземления в сетях до 1 кВ», Раубаль Е.В. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=29419404

СОЛНЕЧНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ С СИСТЕМАМИ СЛЕЖЕНИЯ ЗА СОЛНЦЕМ

Митрофанов С. В., канд. техн. наук, доцент,
Байкасенов Д. К., Немальцев А. Ю*.
Оренбургский государственный университет
***АО «Завод «Инвертор», г. Оренбург**

XXI век является эпохой современных технологий, в которой мировое энергетическое сообщество придерживается трёх тезисов: экономичность, экологичность, энергоэффективность. В связи с этим, в 2009 году вступил в силу Федеральный закон № 261-ФЗ [1], который регулирует отношения по энергосбережению и повышению энергетической эффективности. Это привело к тому, что для организаций, входящих в перечень, установленный статьей 16 [1], является обязательным проведение энергетического обследования и составление энергетического паспорта предприятия согласно приказу Министерства энергетики РФ № 400 [2].

В связи с этим, в Российской Федерации (РФ) в настоящее время уделяется большое внимание развитию возобновляемых источников энергии (ВИЭ), поскольку они являются значимым фактором экономического прогресса, который связан с разработкой новых инновационных технологий, формированием новых рабочих мест, снижением негативного влияния на окружающую среду и т.д. [3]. В соответствии с приложением 10 [2], в энергетическом паспорте должны содержаться сведения об использовании предприятием возобновляемых источников энергии.

В области ВИЭ одним из наиболее перспективных направлений является солнечная энергетика, так как солнечная энергия распространена повсеместно и неисчерпаема [4]. Однако стоит отметить, что солнечные электростанции (СЭС) обладают низким коэффициентом полезного действия (около 28%) из-за принципа работы фотоэлектрических преобразователей.

Целью данной статьи является отбор, анализ, логическое обобщение информации по СЭС с системой непрерывного слежения за Солнцем (солнечный трекер), которые используются как метод повышения энергетической эффективности использования солнечных батарей (СБ).

Выбранная область исследования является сравнительно новой, в связи с чем, существует небольшое количество разработок по данному вопросу. Но так как солнечные трекеры являются передовой технологией, способствующей развитию альтернативной энергетики, то из года в год научное сообщество будет стремиться к развитию данного направления, путем усовершенствования технологии, исследования характеристик и т.д.

«В Оренбуржье благоприятные климатические условия для развития гелиоэнергетики – число солнечных часов в году сопоставимо с числом солнечных часов в г. Симферополе (около 2200 ч., т.е 92 дня)» [1]. В соответствии с этим, в Оренбургском государственном университете (ОГУ), на

кафедре электро- и теплоэнергетики, в 2017 году, магистром А.Ю Немальцевым, под руководством декана электроэнергетического факультета (ЭЭФ), к.т.н С.В. Митрофановым была закончена разработка солнечной электростанции с автоматизированным двухкоординатным солнечным трекером (АДСТ). Это позволило повысить эффективность использования СБ, уменьшить время заряда аккумуляторных батарей (АКБ), а также обеспечить надежность электроснабжения на протяжении всего солнечного дня [5]. «Физическая модель АДСТ состоит из динамической рабочей платформы площадью 3,5 м^2, рассчитанной на две СБ по 200 Ватт» [6]. Управление трекером осуществляется с помощью микроконтроллера (ПЛК) Arduino Uno (язык программирования выполнен на базе процессора ATmega328p) с оптимальными характеристиками [7].

Разработанная СЭС работает автономно, поскольку на протяжении всего режима работы АДСТ позиционирует с востока на запад рабочую платформу таким образом, чтобы солнечный свет в течение всего дня был в зените к поверхности СБ [6]. Например, при восходе Солнца – микроконтроллер поворачивает платформу на восток, а при заходе – на запад. Днем – солнечная станция вырабатывает электроэнергию, при этом, контроллер заряда работает в режиме накопления. Ночью – контроллер заряда работает в режиме отдачи электрической энергии, в результате чего, потребители получают питание от аккумуляторов. Затем процесс повторяется.

Бесперебойная работа солнечной электростанции может быть нарушена, во-первых, из-за налипания снега и гололедообразования, во-вторых, из-за порывов ветра. Магистр ОГУ А.В. Потехенченко, под руководством декана электроэнергетического факультета (ЭЭФ), к.т.н С.В. Митрофанова первый вопрос решил применением резистивного датчика давления, который будет обеспечивать необходимый мониторинг за появлением атмосферных осадков в виде снега и гололедообразования, не нарушая основной процесс работы солнечной электростанции [8]. Решением второго вопроса является установка крыльчатого анемометра с бесщеточным электродвигателем на постоянных магнитах [9]. Частота вращения последнего, в свою очередь, зависит от скорости ветра. Солнечный трекер принимает горизонтальное положение, когда скорость ветра составляет более 20 м/с. Это способствует снижению ветровой нагрузки на АДСТ.

Вопрос применения СЭС с системой слежения за Солнцем не обошел стороной и Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР). Аспирант К.В. Аржанов в диссертации [4] приводит подробное описание разработки и результаты исследования динамических и энергетических характеристик автономной фотоэлектрической установки (ФЭУ) с двухкоординатной системой наведения солнечных батарей на Солнце, мощностью 1500 Вт. Кроме того, приведено подтверждение эффективности предложенных алгоритмов управления, а так же результаты внедрения разработки в практическую деятельность.

В статье д.т.н. ТУСУР Ю.А. Шинякова [10] представлены результаты теоретических исследований повышения энергоэффективности автономных ФЭУ при реализации режима экстремального регулирования мощности солнечных батарей. Применение систем слежения за Солнцем повышает энергетическую эффективность СЭС на 31% для одноосевых систем, на 46% для двухосевых. Авторы сообщают, что в ТУСУР ведется разработка СЭС с системой экстремального регулирования мощности (ЭРМ) и непрерывным автоматическим слежением солнечных панелей за Солнцем. Приведенные расчеты свидетельствуют о том, что ЭРМ позволит повысить энергоэффективность ФЭУ более чем на 30%.

Студентом Томского политехнического университета (ТПУ), А.С. Петрусевым, разработана ФЭУ мощностью 190 Вт, с солнечным трекером. В работе [11] приводится детальное описание конструкции разработанной солнечной установки и её принцип действия. Автор утверждает, что при совместном использовании солнечного трекера и акрилового концентратора можно добиться снижения стоимости СЭС в несколько раз.

В Томском Институте неразрушающего контроля ТПУ, аспирантом М.В. Китаевой, д.т.н А.В. Юрченко, магистром А.В. Охорзиной и инженером-конструктором ОАО «Научно-исследовательский институт полупроводниковых приборов» А.В. Скороходовым проведены расчеты эффективности применения систем слежения за Солнцем для СЭС [12]. Кроме того, исследователями разработан и испытан экспериментальный макет системы слежения за Солнцем, мощностью 5 Вт. Результаты данных испытаний доказали выгоду от использования разработанной системы, например, одноосная система позволит повысить выработку мощности на 23%, а двухосная на 32 % [12].

Аспирант Южно-Уральского государственного университета (ЮУрГУ) И.Р. Рахматуллин с целью повышения производительности разработанного солнечного опреснителя применил систему слежения за Солнцем. В автореферате диссертации [13] представлены результаты расчета эффективности опреснительной установки, согласно которым – использование солнечного трекера позволит увеличить производительность опреснителя с 8 до 12 л. Однако, результаты опыта свидетельствуют о том, что применение системы слежения за Солнцем, в среднем, увеличит производительность опреснителя на 1 л в течение дня (при суммарной площади солнечных коллекторов равной 0,16 м^2).

1 сентября 2017 г. в Российской Федерации введен в действие ГОСТ Р 57229-2016 «Системы фотоэлектрические. Устройства слежения за Солнцем. Технические условия» [14]. В данном стандарте строго определены способы расчета и измерения параметров, которые указываются в паспортных данных систем слежения за Солнцем, а также на основании ГОСТа проверяется соответствие характеристик солнечных трекеров требуемым параметрам. Кроме того, стандарт обязывает проводить испытания солнечных трекеров с целью определения систем слежения, работа которых не обеспечивает требуемой надежности, по сравнению с теми, характеристики которых

соответствуют технической документации. Таким образом, Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии накладывает жесткие требования к системам слежения за Солнцем, что окажет положительное влияние на развитие данного направления. ГОСТ позволит разработчикам солнечных трекеров спроектировать высоконадежную систему, отвечающую современным требованиям и обладающую высокой энергоэффективностью. Для инженеров, осуществляющих эксплуатацию системы слежения за Солнцем, данный стандарт будет незаменимым помощником при проведении испытаний, монтажных и наладочных работ.

Проведенный анализ научно-технической литературы по разработке систем слежения солнечной электростанции показывает, что большинство разработанных солнечных трекеров еще не нашли своего практического применения в системах электроснабжения. Связано это с тем, что система слежения за Солнцем является сложной, которую не просто технически реализовать. Кроме того, солнечные трекеры пока не получили абсолютного доверия потребителей и полностью не убедили их в экономическом эффекте.

Список литературы

1. *Российская Федерация. Законы. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации (с изменениями и дополнениями от 29 июля 2017 г.) : федер. закон : [принят Гос. Думой 11 ноября 2009 г.: одобр. Советом Федерации 18 ноября 2009 г.]. – Москва.*
2. *Российская Федерация. Приказы. Об утверждении требований к проведению энергетического обследования и его результатам и правил направления копий энергетического паспорта, составленного по результатам обязательного энергетического обследования : приказ № 400 : [принят Минэнерго Российской Федерации 30 июня 2014 г.]. – Москва.*
3. *Романов В.В., Байкасенов Д.К. Применение возобновляемых источников энергии в условиях Оренбургской области // INTERNATIONAL INNOVATION RESEARCH сборник статей IX Международной научно-практической конференции: в 2 частях. 2017. С. 69-75.*
4. *Аржанов К.В. Автоматизированная система непрерывно-дискретного слежения за Солнцем автономных фотоэлектрических энергоустановок с использованием шаговых двигателей : диссертация ... кандидата технических наук : 05.13.06 / Аржанов Кирилл Владимирович; [Место защиты: Том. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники (ТУСУР) РАН]. - Томск, 2016. - 178 с.*
5. *Митрофанов С.В., Немальцев А.Ю. Переносная солнечная электростанция с автономной системой слежения за солнцем // Энергетика: состояние, проблемы, перспективы: Труды VII Всероссийской научно-технической конференции. Материалы сборника опубликованы в авторской редакции. 2014. С. 40-44.*

6. *Немальцев А.Ю., Митрофанов С.В. Описание и принцип работы автоматизированого двухкоординатного солнечного трекера // Энергетика: состояние, проблемы, перспективы : Труды VIII Всероссийской научно-технической конференции. 2016. С. 12-14.*

7. *Митрофанов С.В., Потехенченко А.В., Немальцев А.Ю. Разработка системы управления солнечным трекером на основе микроконтроллера ARDUINO // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры материалы Всероссийской научно-методической конференции. Оренбургский государственный университет. 2017. С. 470-473.*

8. *Митрофанов С.В., Потехенченко А.В. Метод защиты солнечной электростанции от накопления снега и льда // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры материалы Всероссийской научно-методической конференции. Оренбургский государственный университет. 2017. С. 462-465.*

9. *Митрофанов С.В., Потехенченко А.В. Система безопасности солнечной электростанции от порывов ветра // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры материалы Всероссийской научно-методической конференции. Оренбургский государственный университет. 2017. С. 466-469.*

10. *Шиняков Ю.А. Повышение энергетической эффективности автономных фотоэлектрических энергетических установок / Ю.А. Шиняков, Ю.А.Шурыгин, О.Е.Аркатова //Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2010. – № 2 (22). – Ч. 2. – С. 102–107.*

11. *Петрусёв А. С. Солнечная энергетика для энергоснабжения удалённых районов / А. С. Петрусёв ; науч. рук. Б. В. Лукутин // Ресурсоэффективные системы в управлении и контроле: взгляд в будущее : сборник научных трудов IV Международной конференции школьников, студентов, аспирантов, молодых ученых, г. Томск. 5-10 октября 2015 г. : в 3 т. — Томск : Изд-во ТПУ, 2015. — Т. 1. — [С. 155-158]*

12. *Юрченко А. В. Система слежения за Солнцем для солнечной энергоустановки / А.В. Юрченко, М. В. Китаева, А. В. Охорзина // Ресурсоэффективные технологии для будущих поколений, 2010. — С. 210-221.*

13. *Рахматулин И. Р. Разработка комплексной энергоэффективной солнечной опреснительной установки с системой слежения за Солнцем: автореф. дис. на соиск. учен. канд. техн. наук (05.09.03) / Рахматулин Ильдар Рафикович; Южно-Уральский государственный университет. – Челябинск, 2015. – 19 с.*

14. *ГОСТ Р 57229-2016 (МЭК 62817:2014). Системы фотоэлектрические. Устройства слежения за Солнцем. Технические условия. – Введ. 2017-09-01. – М.: Стандартинформ, 2017. – 67 с.*

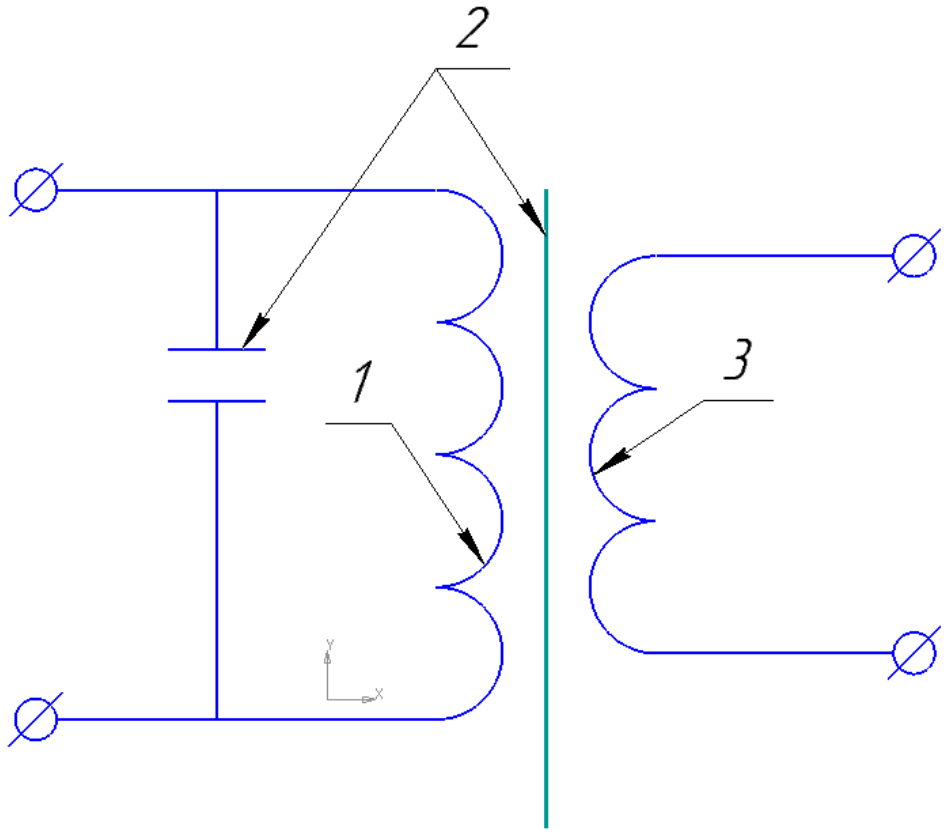
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАГНИТОПРОВОДА ТРАНСФОРМАТОРА В КАЧЕСТВЕ УСТРОЙСТВА КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

Нелюбов В.М., канд. техн. наук, доцент, Вороньжев И.Д.
Оренбургский государственный университет

В настоящее время увеличиваются цены на топливно-энергетические ресурсы, поэтому задача их экономичного использования на основе повышения энергетических показателей крупных потребителей электроэнергии является актуальной. Реактивная мощность, передаваемая по электрическим сетям, увеличивает нагрузку на трансформаторы, провода и кабели, ухудшает качество электроэнергии, а также увеличивает нагрузку на коммутационную аппаратуру из-за увеличения токов в цепях, увеличивает расходы электроэнергии.

В системе распределения и транспортировки электрической энергии можно выделить основные элементы, являющиеся потребителями реактивной мощности. В данном случае речь пойдет о силовых трансформаторах. Передача реактивной мощности по всей сети приводит к дополнительной нагрузке на оборудование сетей, отрицательно сказывается на их пропускной способности, возникает ограничение возможности подключения объектов к энергосистеме, увеличивается износ и перегрузка сетей, загрузка реактивными токами генераторов электростанций увеличивает расход топлива.

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

Такой трансформатор (рисунок 2) имеет следующую конструкцию.

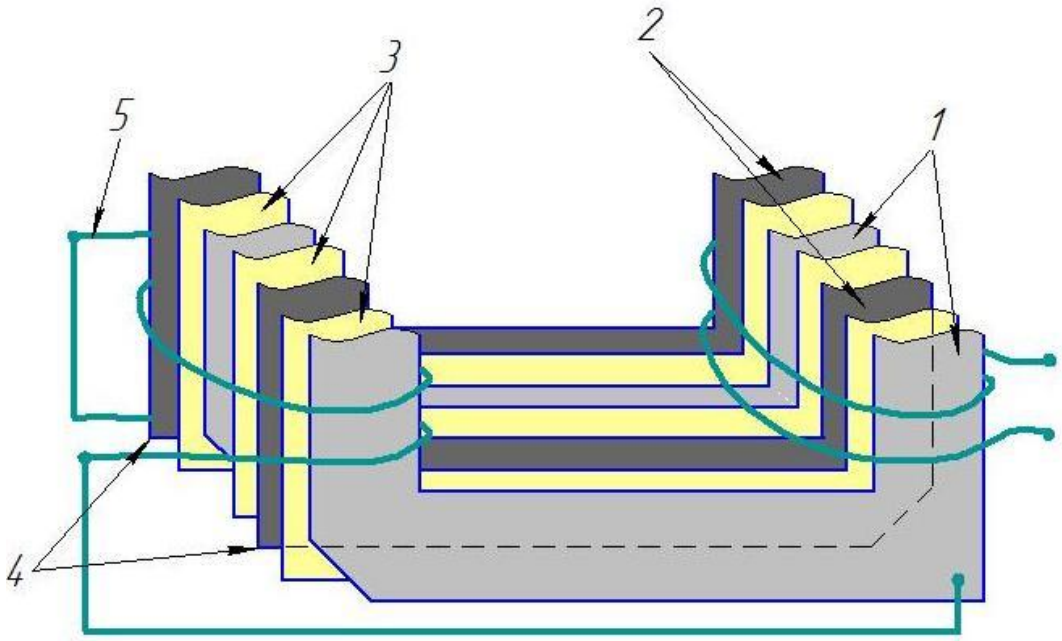


Рисунок 2 – Магнитопровод компенсированного трансформатора

Магнитопровод с обмоткой 5, имеющий нечетные пластины электротехнической стали 1 и четные 2, разделенные слоем изоляции 3. Пластины 1 и 2 здесь являются обкладками конденсатора при подключении их с помощью выводов 4 к обмотке трансформатора 5. Пластины 1 и 2 имеют срез угла и набраны в магнитопроводе поочередно срезом в разные стороны, выступающие углы образуют выводы 4, с помощью которых пластины подключают к обмоткам.

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.

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, H01F27/24. 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, H01F27/24. 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.

ПОСЛЕДСТВИЯ НЕКАЧЕСТВЕННОГО РЕМОНТА ОБМОТКИ СТАТОРА АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Падеев А.С., канд. техн. наук, доцент, Сурков Д.В., канд. техн. наук
Оренбургский государственный университет

Во время эксплуатации асинхронных двигателей в них по разным причинам возникают неисправности, которые часто приводят остановке и простою различных производственных механизмов [1]. Что в свою очередь приводит к частичному или полному нарушению технологического процесса любого предприятия. Необходимость в быстрейшем устранении повреждений обусловливается также и тем, что работа электродвигателя, имеющего небольшое повреждение, может привести к развитию повреждения и необходимости более сложного ремонта.

Неисправности асинхронных двигателей можно разделить на механические (износ подшипников; деформация или поломка вала ротора; трещины в подшипниковых щитах или в станине и др.) и электрические (межвитковые и межфазные замыкания; обрывы в обмотках; пробой изоляции на корпус; старение изоляции и др.). К наиболее распространенным относятся следующие неисправности:

1. Перегрузка или перегрев статора электродвигателя - 31%;
2. Межвитковое замыкание - 15%;
3. Повреждения подшипников - 12%;
4. Повреждение обмоток статора или изоляции - 11%;
5. Неравномерный воздушный зазор между статором и ротором - 9%;
6. Работа электродвигателя на двух фазах - 8%;
7. Обрыв или ослабление крепления стержней в беличьей клетке - 5%;
8. Ослабление крепления обмоток статора - 4%;
9. Дисбаланс ротора электродвигателя - 3%;
10. Несоосность валов - 2%.

Как видно из представленных данных неисправности обмотки статора составляют более 60 % от общего числа неисправностей асинхронных двигателей. Незначительные неисправности, например, небольшие витковые замыкания в двигателях со всыпными обмотками, приводят к ухудшению характеристик электродвигателя, но не приводят к немедленному выходу его из строя. Более серьезные неисправности требуют, как правило, полного ремонта обмотки статора. В электродвигателях с обмотками из прямоугольного провода ремонт обмотки статора может ограничится заменой одной или нескольких поврежденных катушек. В электродвигателях с обмотками из круглого провода поврежденная обмотка полностью заменяется на новую.

Некоторое время назад на кафедре возникла необходимость замены обмотки статора асинхронного двигателя АИР132S4У2, при этом новая обмотка должна была содержать дополнительные выводы от ряда витков всех фаз. Двигатель был перемотан на одном из промышленных предприятий города. Исходная обмотка была выполнена обмоточным проводом $d/d_{из} = 1{,}32/1{,}42$ мм, в каждом пазу находилось $U_n = 23$ эффективных проводника, при коэффициенте заполнения $K_{зап} = 0{,}689$. Новая обмотка статора была выполнена таким же обмоточным проводом, но число эффективных проводников в пазу уменьшилось до 19, что не было предусмотрено техническим заданием. Коэффициент заполнения новой обмотки статора уменьшился до $K_{зап} = 0{,}57$.

При испытании перемотанного двигателя в режиме холостого хода измеренный фазный ток статора стал практически равен току при номинальной нагрузке. Для количественной оценки произошедших изменений были произведены поверочные расчеты асинхронного двигателя с исходной обмоткой статора и перемотанного двигателя. Также, для сравнения, был произведен расчет двигателя с числом эффективных проводников в пазу равным 21 ($K_{зап} = 0{,}63$). На рисунках 1 – 3 и в таблице 1 показано как изменились параметры и характеристики двигателя.

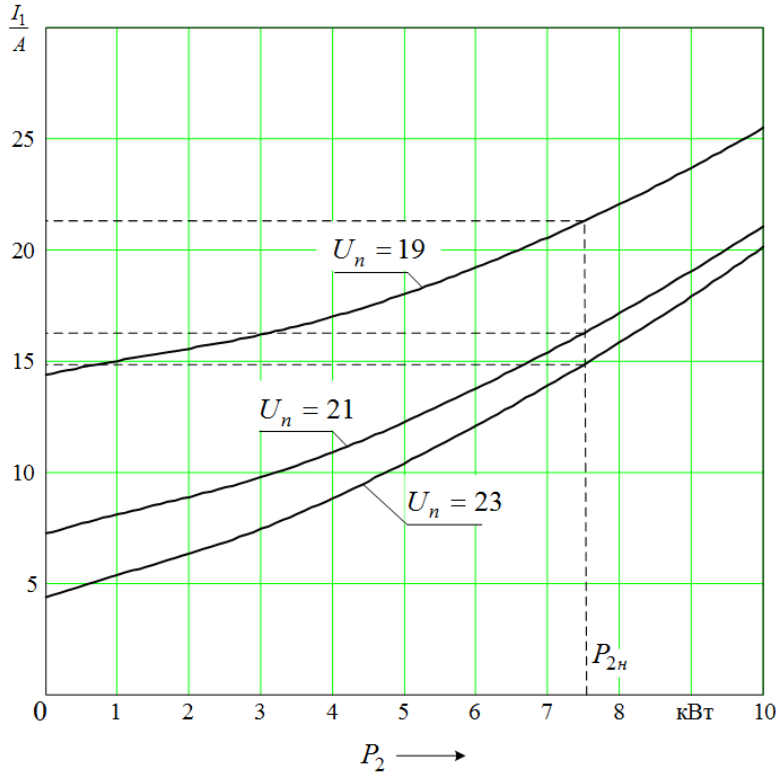


Рисунок 1 – Зависимости тока статора двигателя от полезной мощности, при различных числах эффективных проводников в пазу

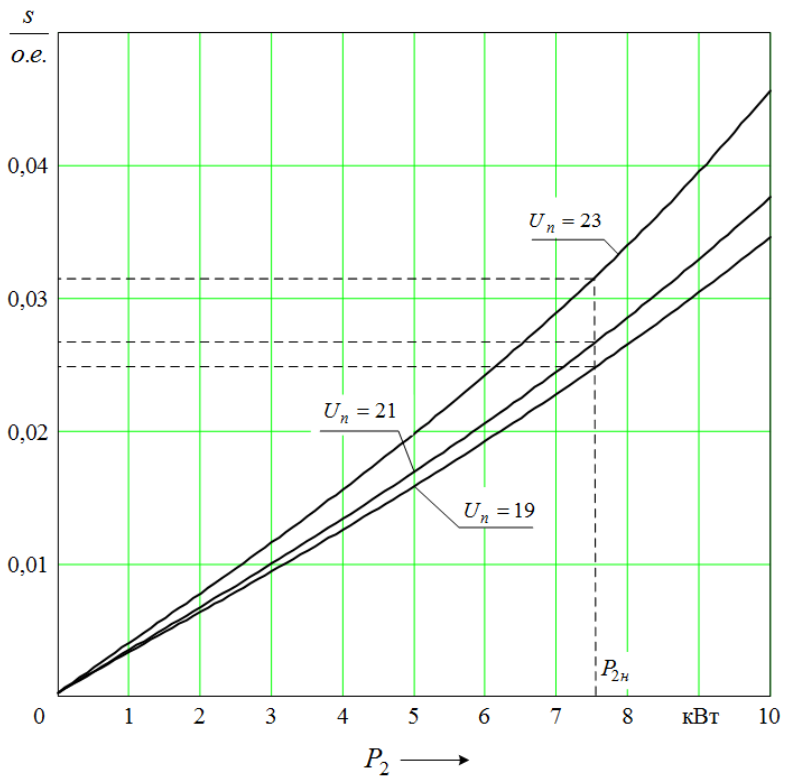


Рисунок 2 – Зависимости скольжения двигателя от полезной мощности, при различных числах эффективных проводников в пазу

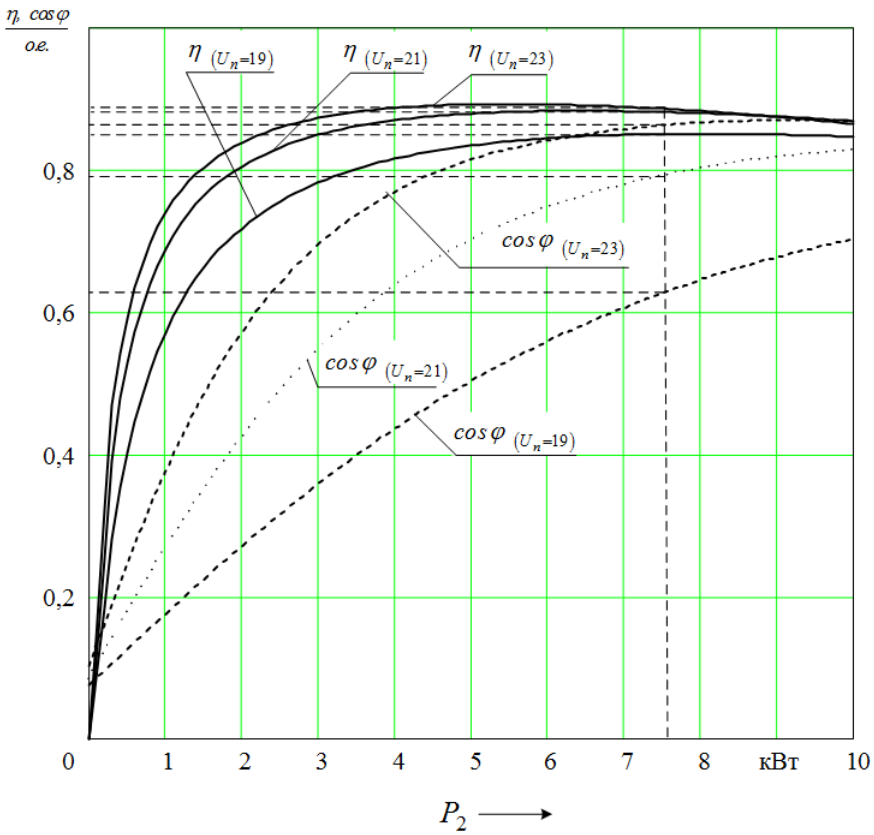


Рисунок 3 – Зависимости коэффициента полезного действия и коэффициента мощности от полезной мощности, при различных числах эффективных проводников в пазу.

Таблица 1 – Сравнение параметров двигателя при различных числа эффективных проводников в пазу

Параметр	$U_n = 23$	$U_n = 21$	$U_n = 19$
I_{1H}, А	14,84	16,27 (+9,63%)	21,3 (+43,48%)
s_H, о.е.	0,0313	0,0265 (-15,49%)	0,0246 (-21,36%)
$P_{магн}$, Вт	233,7	273,3 (+16,92%)	312,6 (+33,75%)
$P_{э1}$, Вт	379,6	420,8 (+10,85%)	701 (+84,67%)
$P_{э2}$, Вт	247,7	209,9 (-15,26%)	196,8 (-20,55%)
ΣP, Вт	957,3	1004,5 (+4,93%)	1318 (+37,68%)
η, о.е.	0,886	0,882 (-0,45%)	0,851 (-3,95%)
$cos\varphi$, о.е.	0,863	0,792 (-8,23%)	0,627 (-27,35%)
K_i, о.е.	6,51	8,67 (+33,18%)	9,44 (+45,01%)
K_M, о.е.	1,85	2,61 (+41,08%)	3,07 (+65,95%)
$\Delta\Theta_1$, ^oC	64,09	66,18 (+3,26%)	87,18 (+36,03%)

Проведенные расчеты позволяют увидеть, что при уменьшении числа эффективных проводников в пазу до $U_n = 21$ (-8,7%) происходит увеличение потребляемого номинального тока (+9,63%), суммарных потерь (+4,93%),

кратностей пускового тока (+33,18%) и момента (+41,08%), и незначительно (+3,26%) возрастает температура обмотки статора. При этом, происходит уменьшение номинального скольжения (-15,49%), электрических потерь в обмотке ротора (-15,26%) и коэффициента мощности (-8,23%). Коэффициент полезного действия изменяется незначительно (-0,45%). Данные изменения параметров можно объяснить увеличением магнитного потока и соответственно индукций на всех участках магнитной цепи двигателя. Отдельные участки магнитной цепи (зубцы статора и ротора) становятся перенасыщенными.

При уменьшении числа эффективных проводников в пазу до значения $U_n = 19$ (-17,4%) изменения параметров и характеристик двигателя становятся “катастрофическими”. Номинальный ток двигателя увеличивается на 43,48%, а в режиме холостого хода становится равен номинальному току двигателя с исходной обмоткой статора. Также происходит увеличение магнитных потерь (+33,75%), электрических потерь в обмотке статора (+84,67%), суммарных потерь (+37,68%), кратностей пускового тока (+45,01%) и момента (+65,95%), и существенно (+36,03%) возрастает температура обмотки статора. Вместе с тем уменьшается номинальное скольжение (-21,36%), электрические потери в обмотке ротора (-20,55%), коэффициент полезного действия (-3,95%) и коэффициент мощности (-27,35%). Магнитная система двигателя, за исключением ярма ротора, становится перенасыщенной.

В заключение можно сделать следующие выводы:

1. Уменьшение числа эффективных проводников в пазу статора асинхронного двигателя относительно его номинального значения приводит к ухудшению параметров и характеристик двигателя;
2. При незначительном уменьшении числа эффективных проводников (1 – 2 проводника) потребитель “может не заметить” произошедшие изменения и будет эксплуатировать двигатель с ухудшившимися характеристиками. При большем уменьшении числа эффективных проводников эксплуатация двигателя становится невозможной из-за перегрева обмотки статора.
3. Некоторые современные асинхронные двигатели для экономии активных материалов и уменьшения их стоимости проектируются с практически насыщенной магнитной системой, поэтому даже незначительное уменьшение числа эффективных проводников приведет к существенному ухудшению параметров и характеристик двигателя;
4. Энергоэффективные асинхронные двигатели могут иметь значение коэффициента заполнения до 0,85. При ручном способе укладки обмотки можно получить значение коэффициента заполнения до 0,76. Поэтому при ремонте и замене обмотки статора неизбежно произойдет уменьшение числа эффективных проводников в пазу, что в лучшем случае приведет к уменьшению класса энергоэффективности, а в худшем к невозможности эксплуатации отремонтированного двигателя.

Список литературы

1. Гемке, Р. Г. Неисправности электрических машин [Текст] / Р. Г. Гемке; под ред. Р. Б. Уманцева.- 9-е изд., перераб. и доп. - Л. : Энергоатомиздат, 1989. - 336 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ПРЕДПРИЯТИЯ

Сазонов Д.В., Шлейников В.Б., канд. техн. наук, доцент
Оренбургский государственный университет

На сегодняшней день электроэнергетика характеризуется установками большой мощности для генерации и передачи электроэнергии. В промышленности электроэнергетика выступает как основная отрасль, которая также играет важную роль в развитии научно-технического прогресса. С другой стороны, эффективное функционирование любого предприятия напрямую зависит от экономичной и бесперебойной работы системы электроснабжения, что особенно актуально при развитии современных технологичных электрических систем. Также немалую долю себестоимости продукции составляют и расходы на электроэнергию. Возникает необходимость решать задачу по оптимизации конструктивно-режимных параметров электрической сети с целью оценки эффективности проектируемой или эксплуатируемой сети, для дальнейшего повышения надежности, улучшения качества и минимизации затрат при нагрузке сети в каждый момент времени.

Задача оптимизации параметров системы электрической сети весьма сложна и многогранна, которая должна решаться на стадии проектирования предприятия, а также проводится мероприятия по внедрению современных технологий и методов в условиях эксплуатации сети. Сложность оптимизации может заключаться в большом количестве элементов системы, регулируемые параметры которых различны, и расположены на обширной территории.

Для оптимизации параметров обычно заранее выбирают критерий оптимизации. При наиболее общем подходе для оценки эффективности могут быть выбрано несколько критериев, а не один, т.е. задача принимает вид многокритериальной. В качестве таких критериев можно выбрать потери электроэнергии, состав работающих агрегатов, степень надежности электроснабжения, степень воздействия на окружающую среду и др. Простейшим методом решения такой задачи в электроэнергетики является приведения ее к однокритериальному виду, в которой оптимизация осуществляется по одному из параметров, взятому за главный, а остальные учитываются в виде ограничений.

Например, одним из критериев оптимизации электрической сети за ограниченный период времени можно выбрать потери электроэнергии:

$$\Delta W = \sum_{i=1}^{n} \Delta W_i \rightarrow min,$$

где ΔW_i– потери электроэнергии в i-ом участке сети за рассматриваемый период;

n – количество участков сети.

Если оптимизация сети требуется для данного момента времени, то можно использовать критерий в виде потерь активной мощности:

$$\Delta P = \sum_{i=1}^{n} \Delta P_i \rightarrow min,$$

где ΔP_i– потери активной мощности в i-ом участке сети в рассматриваемый момент времени;

С целью подчинения работы предприятия к общим требованиям по надежности, максимальной экономичности его работы при загрузке и возможность полного использования всей располагаемой мощности решается задача по оптимизации режимов работы сети. Электрическая сеть имеет разные параметры, которые различаются по назначению и конструктивным особенностям. Участок сети характеризуется одинаковым набором параметров, таких как активное и реактивное сопротивления, активная и реактивная проводимости, коэффициент трансформации. Для выражения параметров в количественном виде составляется схема замещения, по данным которых определяется вид рабочего режима электрической сети.

Наиболее эффективный режим работы электрической сети может быть осуществлен на основе составления долгосрочного планирования балансов мощности и энергии системы. Оптимизация реализуется путем оценки расходов топлива, технико-экономических показателей, режимов работы и др. При долгосрочной оптимизации определяется ограничение по доступным ресурсам, требования регулирования мощности, контроль режимов работы. Расчет режимов работы ведется посуточным графикам нагрузки или по распределению электрической энергии.

Под рабочим режимом понимают состояние сети в любой момент времени. Задача по определению режима работы состоит в расчете параметров, при которых эта сеть предприятия работает в оптимальном режиме. Выделяют нормальный и аварийный режимы работы.

При нормальном режиме работы электрической сети предприятия ее параметры близки к номинальным значениям и удовлетворяют всем условиям. Если в системе наблюдается отклонение одного из параметров, таких как частота, ток и напряжение от нормы, то режим становится аварийным. Переход на аварийный режим работы всегда можно предотвратить, оптимизировав систему диагностики состояния электроустановок и не допускать возникновения в сети скачков тока и напряжения, перегрузки электросети, слабого напряжения, коротких замыканий и т.п.

Немаловажную роль в оптимизации играет состав работающих агрегатов, который предопределяет экономичность и надежность системы. Для равномерности графиков нагрузки, иногда приходится останавливать агрегаты,

работающие на холостом ходу. Эта задача относится к числу важнейших, т.к. включение определенных агрегатов влияет на величину и размещения резервов, на перетоки мощности, на расход электроэнергии в системе электроснабжения предприятия.

В общем случае распределение нагрузки между агрегатами обеспечивает минимальные эксплуатационные затраты и выполнение ограничений по надежности. Задача комбинирования работающих агрегатов является нелинейной, целочисленной и многоэкстремальной. Например, если на предприятии общее количество агрегатов N, то существует условие, при котором любой их них может быть включен или отключен, а множество вариантов для работы с любой мощностью составит 2^N. Для решения приходится сравнивать все возможные варианты при оптимальном распределении нагрузок между агрегатами. Так реализуется задача наиболее выгодного распределения нагрузки.

Практически установлено, что часто имеющиеся ресурсы используются нерационально, например, такие как электрическая мощность. Современные методики анализа и технологии позволяют организовать электроснабжение объектов без перерывов с учётом недостатка мощности, без существенных неудобств в эксплуатации и минимизировать затраты времени и денег. Только грамотный анализ электросети предприятия может позволить выявить скрытые ресурсы и возможности для подключения дополнительных потребителей электроэнергии, что позволит даже расширить производство.

Список литературы

1. *Киреев Э. А. Электроснабжение в системах промышленного электроснабжения / Э. А. Киреев, Т. В. Анчарова, С. С. Бодрухина. – М: «Интехэнерго-Издат», «Теплоэнергетик», 2014.- 304 с.*
2. *Идельчик В. И. Электрические системы и сети: учебник для вузов / В. И. Идельчик. - М. : Энергоатомиздат, 1989. - 592 с. : ил. - Библиогр.: с. 585-586. - ISBN 5-283-01012-0.*
3. *Бартоломей П.И., Паниковская Т.Ю. Оптимизация режимов энергосистем: Учебное пособие / П.И.Бартоломей, Т.Ю.Паниковская. – Екатеринбург: изд. УГТУ-УПИ, 2008. – 164 с.*

СТУДЕНТАМ О ПРОБЛЕМАХ С ЭЛЕКТРИЧЕСТВОМ И НЕ ТОЛЬКО

Саликов М.П., кандидат технических наук, доцент
Оренбургский государственный университет

На лекции по электротехнике студент с восторгом заявил: «Как хорошо, что к нашему времени все проблемы с электричеством решены. Осталось создать только единую теорию поля. Жалко, что великий учёный не успел завершить работу над ней».

Ну как же так! Каждая решённая проблема порождает множество новых. А в электротехнике, в электричестве, к сожалению, так и не разрешены основные фундаментальные вопросы. Вот лишь некоторые из них :

- что представляет собой электрический заряд?
- в чём физическая суть знака заряда?
- что есть электрическое поле?
- какова природа магнитного поля?
- каким образом электрический заряд создаёт вокруг себя электрическое поле?
- каков механизм действия электрического поля на заряд ?
- почему неподвижный заряд создаёт электрическое поле, а двигающийся – магнитное?
- каким образом изменяющееся магнитное поле наводит электродвижущую силу в проводнике, а постоянное – не наводит ?
- в чём физическая суть выполнения закона электромагнитной инерции (правила Ленца)?
- что определяет скорость распространения электромагнитного поля (света)?

Понятно, что ответы на эти вопросы или, хотя бы, перечень проблем можно поискать в книгах по основам электротехники и в разделах «Электричество» учебной литературы по физике для Вузов. Увы, проблемы там не перечисляются, а поле, как и в школьных курсах физики, определяется как «особый вид материи».

Вот книга с многообещающим названием «Природа магнетизма» [1], где на с.7 подчёркнуто: «электрическое и магнитное поля - векторы. Такова их природа», а на с.8 написано, что источниками электрического поля являются электрические заряды. - Я создавал магнитное поле, чувствовал его рукой с ферромагнитным стержнем. Но в объёме поля никаких направленных отрезков, т.е. векторов, не видел. Природа поля не в математическом описании, а в том, из чего состоят материальные объекты под названием поле, электрический заряд, как источники создают поле и каков механизм действия поля на заряд или стержень. Из книги следует, что авторы не только ничего не знают о природе магнетизма, но

и уверены, что в магнетизме нет проблем, видимо также как и многочисленные академики из соответствующей редакционной коллегии.

А вот учебник по физике [2] - «Термином «заряд» обозначают физическое свойство некоторых элементарных частиц, которое проявляется при их взаимодействии посредством электромагнитного поля». Любая заряженная частица окружена одним из видов материи. Этот вид материи именуют электромагнитным полем. Поле непрерывно и бесконечно. - Просто и ни о чём. Эта книга старая, 1975 года выпуска.

А вот книга по новее[3]. - «Современная физика … утверждает, что поле реально существует …и является одним из видов материи».- Видно, что за 27 лет ничего нового в понимании физической сути этого вида материи не произошло. А вот на рис. 321 этой книги представлена принципиальная схема трансформатора, в которой магнитодвижущие силы первичной и вторичной обмоток складываются, что не соответствует физическим процессам, протекающим в нагруженном трансформаторе. Этот же недостаток присущ и рис. 323. Анализ такого рода ошибок приведён в [4]. Автор [3] неудачно выразился в п. 4 с. 576, поскольку для передачи электрической энергии на большое расстояние и применяют повышающие трансформаторы. Выражение «мощность тока» на с. 577также неудачно, поскольку не отражает физической сути понятия «мощность». Простая задача увеличения коэффициента полезного действия линии электропередачи повышением электрического напряжения излагается на двух страницах множеством формул, что исключает возможность студентам понять суть применяемого инженерного приёма.

Самая новая книга [5] также содержит множество формул, но не отвечает на поставленные вопросы.

Излишняя матемизация стала бедой физической науки [6]и инженерного образования. Пример [7], где 2 страницы дифференциальных уравнений объясняют работу трансформатора по неверной принципиальной схеме. Очевидно, что математика ставиться впереди физики. В связи с этим уместно напомнить высказывание Нильса Бора[8]«Если человек не понимает проблемы, он пишет много формул, а когда поймёт, в чём дело, их остаётся в лучшем случае две».

Вот сколько вопросов без ответов! Но поскольку студент говорил о единой теории поля, количество вопросов можно увеличить:

- что есть, или из чего состоит, гравитационное поле (поле тяжести)?
- как масса создаёт вокруг себя гравитационное поле?
- каков механизм действия гравитационного поля на массу?
- почему массы притягиваются друг к другу, а не отталкиваются?
- что такое гравитационные волны?
- посредством чего масса искривляет вокруг себя пустое пространство?

- установлена ли единица измерения степени кривизны пространства?

- почему скорость распространения гравитационных волн такая же, как и скорость света?

Увы! И на эти вопросы я не нашёл ответов в учебной литературе!

Ну а как же теория относительности А.Эйнштейна, спросите вы ! - А никак ! В ней решаются грандиозные задачи вселенского масштаба. Следствия её - это замедление времени и рост массы при скоростях перемещения, близких к скорости света, гравитационные волны, кривизна пустого пространства ! Эта теория не нисходит до таких «мелочей», как физическая суть рассматриваемых в этой же теории явлений, потому и не представима. Но если ответы на перечисленные вопросы неизвестны сейчас, то они были неизвестны и в начале прошлого века, когда создавалась теория. Выходит, её гениальный создатель не знал физической сути явлений, которыми оперировал. Можно ли так и к чему может привести такой матемизированный подход к науке, когда постулативная математика обязывает природу следовать её выкладкам?

А может, несмотря на незнание и постулативизм, выводы верные? Правда, трудно проверить непосредственно, ведь эффекты должны сказываться при очень больших скоростях. Косвенные способы были найдены и применены. Но результаты экспериментов оказывались невнятными, или в пределах погрешности применённых способов измерения или объяснялись классической теорией Ньютона. Поэтому появилась возможность истолковывать результаты экспериментов сообразно широте мировоззрения и квалификации истолкователей, или субъективно, исходя из политических, национальных и религиозных предпочтений. Есть сведения [9] даже о несоответствии экспериментальных данных выводам великой теории, которые замалчиваются. Есть сведения[6], что невозможно в принципе подтвердить или опровергнуть её, поскольку результат измерения будет всегда находиться в пределах погрешности измерительного прибора. Там же приведён критический анализ допущений, принятых автором при создании великой теории. Все они признаны несостоятельными.

Остановлюсь на одном из допущений, наиболее известном научной и околонаучной публике о том, что скорость света в пустоте наибольшая возможная в природе. Вот скорость звука в воздухе по справочнику 343 м/с. Этот факт совсем не отвергает возможность перемещения в воздушной среде с иной скоростью. – Частицы воздуха могут быть и неподвижными и перемещаться быстрее, чем 343 м/с. Звук - это колебания плотности воздуха, воспринимаемые ухом. А если свет – это колебания плотности гораздо более тонкой и упругой среды, воспринимаемые глазом. Эта тонкая упругая среда в позапрошлом веке получила название эфир, а частицы газоподобного эфира уже в конце прошлого века названы амерами, т.е. «истинно» неделимыми. Вот такое

представление о природе и может явиться основой для единой теории поля и электрического и магнитного и электромагнитного и гравитационного и электрических зарядов.

Великая теория создавалась автором, уверенным, что эфира не существует. Однако, через два десятилетия его мнение изменилось на противоположное. Выходит, его допущения некорректны, поэтому теория не подтверждается опытом, не наглядна и не представима. Предшественник Эйнштейна и его «великой» теории Анри Пуанкаре работал над понятием относительности как математической абстракции. Великий создатель не ссылался на своего великого предшественника, но создал математическую абстракцию, не называя её таковой. Защитники великой теории как бы не замечают изменения в понимании её создателя значения понятия эфира и продолжают восторгаться её совершенством и величием.

Ну а самые последние достижения в физике, отмеченные Нобелевскими премиями. Разве они не дают ответы на вышеприведённые вопросы? Вот обнаружили предсказанную теоретиком «частицу Бога» - бозон Хиггса. И что ? Мир перевернулся ? В шестидесятые - семидесятые годы у нас на ускорителях было обнаружено множество новых частиц. И они очень быстро распадались на более мелкие и, в последствие, возможно, на амеры. Но никому из открывателей Нобелевскую премию не дали. А тут годы строили всем миром гигантский ускоритель, потом годы ремонтировали, колоссальные затраты, а выхода нет. Что, затраты впустую ?! … - И вот радостная весть об обнаружении предсказанного теоретиком-математиком легендарного бозона облетела мир. А сколько он живёт ? А почему такая чудовищно высокая вероятность 99,97 % того, что это именно та искомая частица, которой нет, но мимолётное существование которой можно установить лишь по следам её распада ? И не все результаты эксперимента соответствовали расчёту и теории, по которой все частицы, кроме бозона, не имеют массы ! Но Нобелевский комитет без независимой проверки поспешил выдать награду. Интересна формулировка – «За теоретическое открытие».

Другое эпохальное событие в мировой физике произошло совсем недавно. Наконец – то зарегистрированы гравитационные волны, которые, конечно же, были предсказаны великой теорией. И нобелевские комитетчики также поспешили вручать очередную премию без проверки. А чего медлить? Ведь не каждый миллион лет в галактике происходит столкновение чёрных дыр, создающее гравитационные волны! Это открывателям случайно повезло во времени и можно обойтись без проверки. Правда, и существование чёрных дыр, опять таки предсказанных великой теорией, под вопросом.

Предположим, что зарегистрировали именно гравитационные волны. Но из какой материи состоит поле тяжести и каков механизм притяжения? И здесь нет ответа. А обещаниям открывателей стопроцентной

гарантии исключения не волновых воздействий поверили на слово. - Они же потомки благородных европейцев!

Все лауреаты бесспорно исключительно талантливы, награждены, восхвалены средствами массовой информации и не только, но ответов на выше поставленные вопросы нет уже более ста лет. Более того, что видно из периодики, официальная наука не видит необходимости найти эти ответы хотя бы в ближайшие десятилетия.

Необходимо знать, что критиков великой теории всё больше. Среди них академик, бывший ректор МГУ А.А. Логунов и доктор технических наук В.А. Ацюковский, создатель эфиродинамики. Необходимо помнить о судьбах теорий флогистона, миазмов, коммунизма, объявленного единственным подлинно научным мировоззрением, творец которой назван величайшим мыслителем. А по прошествии лет оказалось, что флогистон - заблуждение, от верящих в миазмы представителей просвещённой Европы два века дурно пахло, а при попытке строительства коммунизма погибли миллионы людей.

Что же делать? Истовым апологетам великой теории необходимо вступать в научную дискуссию с критиками, трудиться в поисках однозначных «железобетонных» доказательств её правильности, а не обзывать несогласных невеждами. В средние века таких инакомыслящих сжигали на кострах, а в прошлом столетии – сажали в тюрьмы и психиатрические больницы. Необходимо искать ответы на поставленные выше вопросы с обязательным проведением экспериментов, результаты которых истолковывать в соответствии с рекомендациями [6].

Студентам же на лекциях необходимо преподавать физику без излишней матемизации, способствуя созданию в головах слушателей физической картины явлений. Говорить о проблемах в электротехнике и физике, об альтернативных теориях и математических абстракциях, развивать критическое мышление, а не только вызывать в них восторги по поводу достижений, якобы, завершивших развитие науки. Желательно проводить семинарские занятия по той или иной проблеме с изложением различных взглядов на природу явлений.

Список литературы

1. Каганов М.И. Природа магнетизма/М.И. Каганов, В.М. Цукерник.– Москва: Наука,Главная редакция физико-математической литературы, 1982.- 192 с.

2. Рымкевич П.А. Курс физики: учебное пособие/П.А.Рымкевич. – 2-изд.,перераб.и доп. –Москва, Высш.школа,1975. – 403 с.

3. Сивухин Д.В. Общий курс физики, том 3, Электричество: учебное пособие /Д.В.Сивухин.-4-е издание, стереотипное.-Москва, Физматлит МФТИ,2002.-654 с.

4. Нетушил А.В. Зачем столько минусов в векторных диаграммах и схеме замещения трансформатора/ А.В. Нетушил//Известия высших

учебных заведений Электромеханика,.-1983.- № 9, издание Новочеркасского политехнического института.- с.112-114.

5. Савельев И.В. Курс общей физики, том 2, Электричество и магнетизм: учебное пособие/ И.В.Савельев.-5-е изд.,исправленное.-изд-во «Лань»,2011.-342 с.

6. Ацюковский В.А. Материализм и релятивизм. Критика методологии современной теоретической физики/ В.А. Ацюковский. – Москва,изд-во Инженер, 1993. – 189 с.

7. Беспалов В.Я. Электрические машины: учебное пособие/ В.Я. Беспалов, Н.Ф.Котеленец.-2-е издание, исправленное.-Москва: издательский центр «Академия», 2008.- 320 с.

8. Гранин Д.А. Чужой дневник: Повести, рассказы./Д.А.Гранин,с.344 - Москва: Современник, 1988. – 654 с.

9. ВодоестьевК. Теория относительности и Альберт Эйнштейн (2 лекции для гуманитариев), издание второе, дополненное и переработанное, Транскрипт.

ВЕКТОРНАЯ ДИАГРАММА ДЛЯ СЛУЧАЯ ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ ОДНОГО ИЗ ТРЁХ ПРОВОДОВ ТРЁХФАЗНОЙ СЕТИ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ

Саликов М.П., канд. техн. наук, доцент,
Ямансарин И.И. канд. техн. наук, Еремеев И.К.
Оренбургский государственный университет

Трёхфазные сети с изолированной нейтралью при напряжении до 1000 В при эксплуатации обеспечивают снижение уровня опасности при условии отключения сети при замыкании одного из проводов на землю. При напряжении выше 1000 В их использование повышает уровень надёжности электроснабжения, поскольку электрический ток замыкания на землю невелик и не является током короткого замыкания. До 1000 В- это сети рудников, в т.ч. соляных, шахт, строительных площадок, торфоразработок и т. д. Выше 1000 В - это распределительные сети напряжением 6, 10 и 35 кВ.

Если электрические ёмкости каждого из трёх проводов такой сети относительно земли и активные сопротивления изоляции проводов одинаковы, то электрические напряжения между проводами и землёй также одинаковы и являются фазными напряжениями. При не симметрии сопротивлений напряжения между проводами и землёй становятся отличными от фазного.

При глухом замыкании одного из проводов на землю, т.е. близком к нулю переходном сопротивлении между проводом и электротехнической землёй напряжения между исправными проводами и землёй увеличиваются до линейного, а напряжение между неисправным проводом и землёй уменьшается до нуля. Принципиальная схема и векторная диаграмма напряжений при замыкании на землю одного провода сети с изолированной нейтралью показана на с. 106, рис. 9. 16 [2], являющейся в настоящее время основным учебником для студентов специальности «Электроснабжение промышленных предприятий и городов».

Для наглядности схема и диаграмма воспроизведены на нижеприведённом рис. 1.

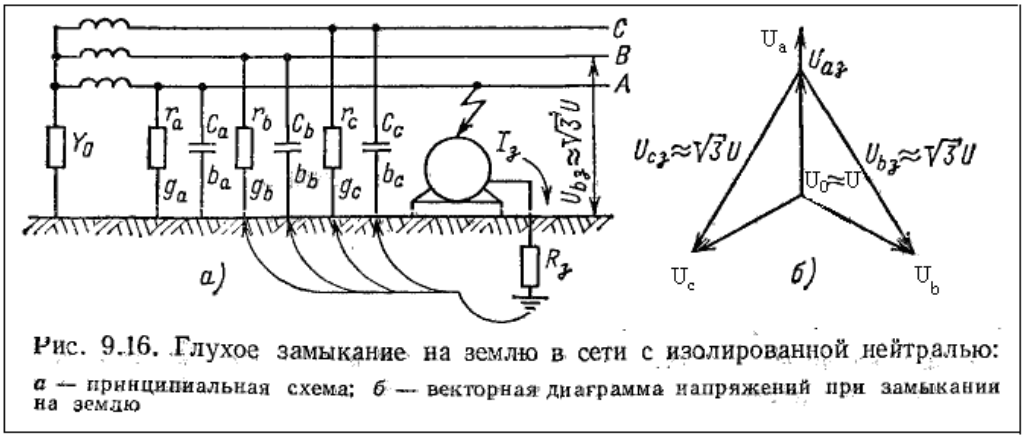


Рис. 9.16. Глухое замыкание на землю в сети с изолированной нейтралью: *а* — принципиальная схема; *б* — векторная диаграмма напряжений при замыкании на землю

Рисунок 1-Схема и векторная диаграмма

Между тем, на рис. 9. 16 показана трёхпроводная сеть с заземлённой нейтралью. Нейтраль заземлена резистором Уо. Сети же с изолированной нейтралью показаны в [1] на рис. 9.15 . На схеме 9.16 показано лишь напряжение Ubз, но не показано напряжение Uсз. А на векторной диаграмме показаны оба напряжения. На векторной диаграмме напряжение Ua равно сумме двух векторов и эта сумма значительно превышает другие фазные напряжения . Напряжение между фазой А и электротехнической землёй Uаз (по ПУЭ [2] «зоной нулевого потенциала») оказалось равным $U_ф$ и составляющим более половины напряжения Ua , чего не может быть. Под глухим замыканием на землю считают непосредственное металлическое соединения провода сети с заземлителем, электрическое сопротивление которого составляет единицы Ом. Падение напряжения на таком заземлителе в сети с изолированной нейтралью от тока замыкания на землю в единицы ампер составит единицы вольт.

Для разрешения вышеизложенного противоречия была создана физическая модель, электрическая схема которой показана на рис.2.

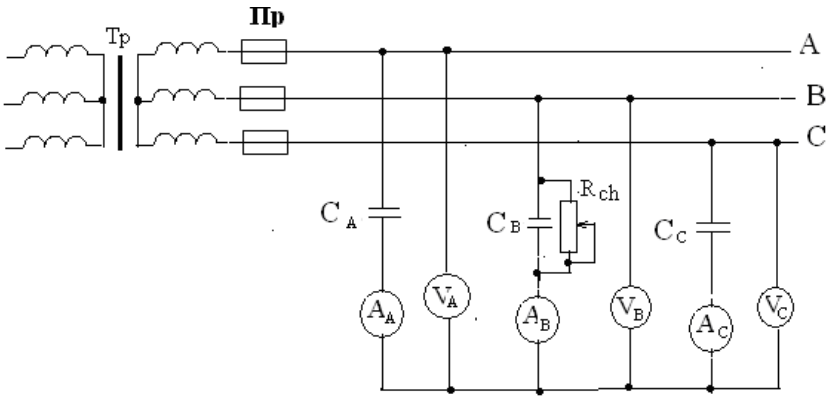


Рисунок 2-электрическая схема

Напряжение модели сети в целях безопасности снижено трансформатором Тр. Роль сопротивления цепи заземлителя или тела

человека, его обуви и т.д. выполнял переменный резистор. По результатам исследования физической модели построена векторная диаграмма, представленная на рис. 3. На диаграмме показано положение точек с нулевым потенциалом, т.е. потенциалом земли при изменении Rch. Точки соединены линией. На электрической схеме физической модели это место соединения нижних выводов всех измерительных приборов. Модель учитывает влияние электрической ёмкости между проводом «В» и землёй. Заземлитель или цепь человека включены параллельно этой емкости.

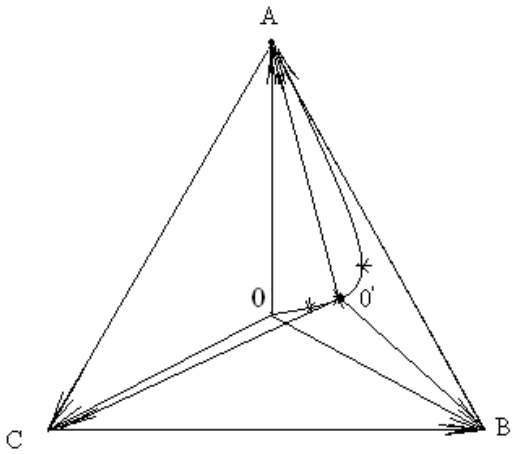


Рисунок 3- векторная диаграмма

Расчёт электрической схемы физической модели целесообразно проводить методом двух узлов. Пример расчёта приведён в [3]. Векторная диаграмма для физической модели, представленной на рис. 3 не противоречит расчёту и оказалась похожей на векторную диаграмму, показанной на стр. 101 [1], но построенной для сети с нейтралью, соединенной с землей через большое сопротивление.

Вывод. Показанные на Рис. 9.16 страницы 106 [1] принципиальная схема и векторная диаграмма не корректны, что требует учёта в лекционном курсе по электробезопасности и устранения в очередном издании учебника.

Список литературы

1. *Правила устройства электроустановок (ПУЭ), изд. 7, 2003г.*
2. *Князевский Б.А. Охрана труда в электроустановках: Б. А. Князевский. - М. : Энергоатомиздат., 1983. - 336 с.*
3. *Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. / Л.А. Бессонов. – М.: Высш. школа, 1978. – 528 с.*

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ВЫБОРА ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Семенова Л.А., доцент, канд.техн.наук, Аглуллин Р. Р.
Оренбургский государственный университет

Одной из задач, решаемых при проектировании систем электроснабжения промышленных предприятий, является выбор оптимальной логистической (распределительной) сети. Это позволит устранить чрезмерно протяженные участки линий электропередач (кабельных и воздушных), и как следствие, снизить капитальные вложения при строительстве сети и эксплуатационные издержки, а также повысить надежность электроснабжения.

В качестве критериев оптимальности наиболее часто используются экономический критерий, заключающийся в минимизации затрат на сооружение сети, или технический критерий, заключающийся в минимизации потерь электрической мощности.

Сформулируем задачу следующим образом: необходимо по критерию минимальных затрат выбрать оптимальную логистическую (распределительную) сеть, обеспечивающую передачу электрической энергии от n узлов источника к m узлам потребления с учетом ограниченных ресурсов источника (A_i, $i=\overline{1,n}$) и известной мощности потребителей (B_j, $j=\overline{1,m}$).

В общем виде математическая модель поставленной оптимизационной задачи запишется в виде:

$$F=\sum_{i=1}^{n+m}\sum_{j=1}^{n+m}c_{ij}x_{ij}\to\min, \qquad (1)$$

с учетом ограничений:

$$\sum_{j=1}^{m}x_{ij}=A_i,$$

$$\sum_{i=1}^{n}x_{ij}=B_j, \qquad (2)$$

и граничных условий:

$$x_{ij}\geq 0, \qquad (3)$$

где n – количество узлов источников питания;

m – количество узлов потребителей;

c_{ij} – удельные стоимости передачи электроэнергии от узла i-го узла источника к j-му узлу потребителя;

x_{ij} – передаваемые мощности от i-го узла к j-му узлу.

Выражения (1-3) представляют собой модель транспортной задачи в сетевой постановке [1], являющуюся частным случаем задач линейного программирования. Проведенный анализ методов [1-6], используемых для решения указанного класса задач, позволил разбить их условно на три группы.

К первой группе отнесен метод полного перебора [2], главным преимуществом которого является получение точного решения задачи (выбор оптимальной распределительной сети предприятия). К недостаткам следует отнести временные затраты на поиск оптимального решения в виду большого числа реализаций. Например, для m узлов потребителей необходимо рассмотреть $m!$ возможных маршрутов прокладки кабельных линий.

Ко второй группе отнесены эвристические методы, направленные на сокращение перебора вариантов (возможных решений), такие как: жадный алгоритм [2, 3]; метод ветвей и границ [1, 4]; генетические алгоритмы [5] и т.д. Применение методов этой группы сокращает время решения задачи по сравнению с методами полного ненаправленного перебора вариантов. Однако, получаемые решения не являются, как правило, наилучшими (оптимальными), а относятся лишь к множеству допустимых решений. Необходимо также отметить, что найденное методами второй группы решение задачи будет соответствовать кольцевой схеме электроснабжения (будет определен выгодный маршрут проложения кабельных линий, проходящий все узлы потребителей хотя бы по одному разу с последующим возвратом в узел источника питания).

К третьей группе отнесены методы итерационного улучшения решения, в том числе метод потенциалов [6]. Суть методов заключается в следующем: определяется опорный план (один из возможных вариантов распределительной сети) с последующей проверкой его на оптимальность ($F \rightarrow min$). Если план оптимален – решение найдено, иначе процесс улучшения продолжается до тех пор, пока не будет найден оптимальный план.

Найденному решению методами третьей группы классической транспортной задачи (передача электрической мощности осуществляется непосредственно от источника к потребителям) будет соответствовать радиальная схема электроснабжения. Поскольку распределительные сети промышленных предприятий выполняются радиально-магистральными (передача мощности осуществляется через промежуточные (транзитные) узлы), то поиск оптимального варианта сети следует проводить методами решения транспортной задачи с транзитом мощности, а именно измененным методом потенциалов.

На основании проведенного анализа методов, используемых для решения транспортной задачи в сетевой постановке, выявленных достоинств и недостатков, в работе выдвинута гипотеза о целесообразности применения измененного метода потенциалов. Дальнейшее исследование планируется направить на разработку соответствующего алгоритма и его программную реализацию.

Список литературы

1. Грешилов, А. А. Математические методы принятия решений : учеб. пособие / А. А. Грешилов. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. – 647 с. ISBN 978-5-7038-3910-2

2. Левитин, А. Алгоритмы: введение в разработку и анализ / А. Левити // М.: Вильямс, 2006. – 575 с

3. Борознов, В. О. Исследование решения задачи коммивояжёра / В. О. Борознов В. О. // Вестник Астраханского государственного технического университета, 2009. – № 2. – С. 147-151.

4. Сигал, И. Х. Введение в прикладное дискретное программирование: модели и вычислительные алгоритмы / И. Х. Сигал // М. : ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 240 с.

5. Макконнелл, Дж. Основы современных алгоритмов / Дж. Макконнелл // М. : Техносфера, 2004. – 368 с.

6. Костин, В. Н. Оптимизационные задачи в электроэнергетике : учеб. пособие / В.Н. Костин. – СПб. : СЗТУ, 2003. – 120 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ КОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Семенова Л.А., канд. техн. наук, доцент, Казаков Д.С.
Оренбургский государственный университет

Задача компенсации реактивной мощности является неотъемлемой частью решения вопросов повышения эффективности передачи, распределения и потребления электрической энергии. Решение задачи оптимального размещения КУ в электрических сетях – это определение наилучшего варианта относительно выбранного критерия или критериев при соблюдении всех технических условий нормальной работы электрической сети и электроприемников.

Оптимальное размещение компенсирующих устройств (КУ) в распределительных электрических сетях в значительной мере предопределяет экономию денежных и материальных ресурсов, уменьшение потерь мощности, а также повышение качества электроснабжения потребителей.

Математическая модель однокритериальной задачи выбора оптимального размещения КУ состоит из целевой функции:

$$Z(x_1, x_2, \ldots, x_n) \to extr, \tag{1}$$

ограничений:

$$\begin{cases} f_1(x_1, x_2, \ldots, x_n) \le b_1, \\ f_2(x_1, x_2, \ldots, x_n) = b_2, \\ \ldots \\ f_m(x_1, x_2, \ldots, x_n) > b_m \end{cases} \tag{2}$$

и граничных условий:

$$d_i \le x_i \le D_i, \quad i = \overline{1,n} \tag{3}$$

где $x_1, x_2, \ldots, x_n$ – искомые переменные, общее количество которых равно n;

b_j – свободные члены, $j = \overline{1,m}$;

m – общее количество ограничений;

d_i, D_i – нижняя и верхняя границы диапазона изменения переменной x_i.

В работе приводится сравнительный анализ наиболее распространенных методов решения задачи оптимального размещения КУ.

Одним из методов решения рассматриваемой задачи является метод нелинейного квадратичного программирования [1]. Использование данного метода предполагает рассмотрение режима максимальных реактивных нагрузок энергосистемы, на основе которого определяется мощность КУ. Снижение потерь электрической энергии определяется по методу времени максимальных потерь. Целевая функция (1) представляет собой приведенные затраты и включает вектор мощности существующих источников реактивной мощности,

вектор искомых мощностей дополнительных КУ, а также вектор, элементы которого характеризуют приведенные затраты на единицу мощности КУ. При решении задачи вводятся допущения: 1) все существующие источники реактивной мощности полностью загружены; 2) параметры всех элементов сети приведены к одному номинальному (базисному) напряжению.

В работе [2] предложено решение задачи на основе оптимизации стационарных режимов электрической сети градиентным методом. Отмечено, что при выборе мест размещения КУ необходимо рассматривать ряд представительных режимов. В качестве критерия оптимальности (целевой функции) рассматриваются приведенные затраты. Оптимальное решение находится путем проведения серии расчетов и последующего технико-экономического сравнения вариантов.

В работе [3] для решения рассматриваемой задачи используется метод потенциалов затрат. Потенциал затрат на передачу реактивной мощности по электрической сети – величина, зависящая от параметров сети, реактивных нагрузок узлов и распределения реактивных мощностей между источниками.

В соответствии с алгоритмом метода необходимо составить условную расчетную схему электрической сети, содержащую активные сопротивления элементов и расчетные реактивные нагрузки узлов сети. Метод позволяет по условию минимума приведенных затрат выбрать оптимальное размещение дополнительных КУ с одновременным определением наиболее целесообразной загрузки существующих источников реактивной мощности.

При установке дополнительной мощности КУ значение потенциала затрат снижается, поскольку уменьшаются потери мощности в электрической сети. Потенциал затрат на генерацию реактивной мощности дополнительными компенсирующими устройствами в узле определяется технико-экономическими показателями КУ и степенью их использования. Достоинство метода потенциалов затрат – применение специального экономического критерия, позволяющего упростить процесс решения задачи. Недостаток метода – составление условной расчетной схемы сети только с активными сопротивлениями и реактивными нагрузками. В связи с этим в алгоритме отсутствует учет ограничений по напряжению. Кроме того, не учитываются потери реактивной мощности от протекания активных мощностей в сети, что может повлиять на выбор оптимальных мест установки компенсирующих устройств.

Помимо рассмотренных в данной работе методов, существуют и другие, отличающиеся исходной постановкой задачи и ее последующей реализацией. Их объединяет то, что они относятся к прямым методам решения, основанным на итерационных процессах вычисления и сравнения значений оптимизируемых функций. При этом исходная задача является, как правило, задачей безусловной оптимизации, в которой определяется абсолютный экстремум целевой функции без дополнительных ограничений [4].

Необходимо отметить, что задачу оптимального размещения КУ в электрических сетях следует рассматривать как задачу условной оптимизации

[5], в которой определяется относительный экстремум целевой функции (1), т. е. экстремум при наличии связующих ограничений на ее переменные. Такой подход позволит получить решения, максимально отвечающие условиям реальной задачи.

Очевидно, что решение задач условной оптимизации значительно сложнее решения задач безусловной оптимизации. Поэтому естественным является стремление упростить задачу условной оптимизации (поиск относительного экстремума функции) и свести ее к задаче безусловной оптимизации (поиск абсолютного экстремума) [5]. Одним из наиболее распространенных подходов, в котором реализуется данная процедура, является метод неопределенных множителей Лагранжа [6]. Данный метод относится к непрямым методам решения и широко используется при решении нелинейных оптимизационных задач [7]. Метод неопределенных множителей Лагранжа применяют для решения задач такого же класса сложности, как и при использовании прямых методов решения, но при наличии ограничений на независимые переменные.

В соответствии с методом Лагранжа вместо относительного экстремума функции (1) при ограничениях (2) ищется абсолютный экстремум функции Лагранжа:

$$L(x_1,...,x_n,\lambda_1,...,\lambda_n) = Z(x_1,...,x_n) \pm \lambda_1 f_1(x_1,...,x_n) \pm ... \pm \lambda_m f_m(x_1,...,x_n) \quad (4)$$

где $Z(x_1,...,x_n)$ – целевая функция;

$\lambda_1,...,\lambda_n$ – неопределенные множители Лагранжа. Знак «+» используется, если решается задача минимизации, знак «-» – если решается задача максимизации;

$f_1(x_1,...,x_n),...,f_m(x_1,...,x_n)$ – ограничения.

На основании проведенного сравнительного анализа методов решения задачи оптимального распределения КУ в электрических сетях в работе выдвинута гипотеза о целесообразности использования метода Лагранжа, позволяющего найти решение задачи при наличии ограничений. Дальнейшее исследование планируется направить на разработку соответствующего алгоритма и его программную реализацию.

Список литературы

1. Александров, О. И. Уменьшение потерь в сложнозамкнутой электрической сети путем компенсации реактивных мощностей нагрузок / О. И. Александров, Л. П. Падалко, Н. Н. Никольская. – В кн. : Опыт планирования, анализа потерь энергии и разработка мероприятий по их снижению в энергосистеме. – Минск : Вышейшая школа, 1974. – С. 65-71.

2. Маркман, Г. З. Энергоэффективность преобразования и транспортировки электрической энергии / Г. З. Маркман. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 184 с.

3. Холмский, В. Г. Решение проектной задачи оптимального распределения реактивных мощностей методом потенциалов затрат / В. Г.

Холмский, Ю. В. Щербина, С. В. Колесников. – В кн. : Электрические сети и системы. – Львов : Вища школа, 1968. – Вып. 4. – С. 6-9.

4. Беляевский, Р. В. К вопросу об оптимизации размещения компенсирующих устройств в электрических сетях промышленных предприятий / Р. В. Беляевский, В. М. Ефременко // Федоровские чтения – 2011. XLI Всероссийская научно-практическая конференция (с международным участием) с элементами научной школы для молодежи. Москва, 9-11 ноября 2011 г. / Под ред. Б.И. Кудрина, Ю.В. Матюниной. – М. : Издательский дом МЭИ, 2011. – С. 63-65.

5. Костин, В. Н. Оптимизационные задачи электроэнергетики / В. Н. Костин. – СПб. : СЗТУ, 2003. – 120 с.

6. Семенова, Л. А. К вопросу выбора оптимальной мощности и мест размещения устройств компенсации реактивной мощности / Л. А. Семенова, А. О. Инжеватова, Р. М. Салимов // Энергетика: состояние, проблемы, перспективы : труды VIII Всероссийской научно-технической конференции. – Оренбург: ООО Агентство «Пресса», 2016. – С. 15-19.

7. Банди, Б. Методы оптимизации. Вводный курс / Б. Банди. – М. : Радио и связь, 1988. – 128 с.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ РЕГИСТРОГРАММ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

Семенова Л.А., канд. техн. наук, доцент, Тавтилов Р.И.
Оренбургский государственный университет

Параметрическая идентификация сигналов производится с целью выявления и анализа их параметров, фильтрации помех типа шума от сигнала, разделения многокомпонентных сигналов, устранения искажений, вызванных несовершенством канала передачи или погрешностями измерения и т.п.

Для электроэнергетических систем (ЭЭС) параметрическая идентификация регистрограмм может быть использована для выявления низкочастотных колебаний (НЧК) мощности, являющихся одной из основных проблем надежности и функционирования энергосистем во всем мире. Наличие таких колебаний может ограничить режим работы системы, приводя к сокращению перетоков мощности и к широкомасштабным технологическим нарушениям. Если эти колебания плохо демпфируются, то раскачивание системы может привести к каскадному отключению линий электропередач и генераторов и вызвать значительные нарушения электроснабжения потребителей.

Регистрограммы процессов, протекающих в энергосистеме, могут быть описаны аддитивной функцией [1]:

$$f(t) = f_T(t) + f_N(t) + f_R(t), \quad t \in [0, T] \tag{1}$$

где $f_T(t)$ – медленная нерегулярная составляющая – тренд, обусловленный систематическим изменением наблюдаемого параметра в течение продолжительного времени;

$f_N(t)$ – близкие к регулярным колебания относительно тренда – низкочастотные, сезонные или суточными составляющие;

$f_R(t)$ – нерегулярные составляющие типа «белый» шум.

Корректное разложение регистрограмм на составляющие в соответствии с выражением (1) требует использования методов, позволяющих в реальном времени обеспечить адекватную с определенной степенью точности их параметрическую идентификацию по частоте и амплитуде.

Сравнительный анализ методов, применяемых в настоящее время для параметрической идентификации сигналов [1-8] позволил разбить их на три условные группы, в зависимости от характера изменения сигнала во времени с учетом его линейности или нелинейности:

– I группа методов предназначена для исследования линейных и стационарных процессов;

– II группа методов предназначена для исследования линейных и нестационарных процессов;

– III группа методов предназначена для исследования нелинейных и нестационарных процессов.

К первой группе отнесены методы, использующие преобразование Фурье [2, 3]. Достоинство этих методов – законченная, «проработанная» теория. Основным недостатком является использование априорно заданного базиса (тригонометрических функций синуса и косинуса, меандровых функций Уолша), а также затрудненность получения информации о локализации во времени компонент регистрограмм.

Ко второй группе методов отнесены вейвлет-анализ, методы Вагнера-Вилла и Прони [4]. Достоинством этих методов является возможность анализа регистрограмм одновременно в области частот и в области времени (или пространственной переменной). К недостаткам отнесено использование априорно заданного базиса (вейвлеты Хаара, Добеши, Морле, Мейера и др.), что вносит дополнительную погрешность при параметрической идентификации регистрограмм.

К третьей группе отнесен эмпирический метод декомпозиции (EMD), позволяющий разложить регистрограмму на определенное число высоко- и низкочастотных составляющих посредством процесса, названного «отсеиванием» [5]. В результате декомпозиции исследуемая регистрограмма $f(t)$ может быть представлена:

$$f(t) = \sum_{i=1}^{N-1} c_i(t) + r_N(t) \qquad (2)$$

где $c_i(t)$ – эмпирические модовые функции;

N – количество эмпирических мод, которое устанавливается в процессе разложения (отсеивания);

$r_N(t)$ – конечный остаток, представляющий собой тренд или константу.

Метод EMD – часть процесса преобразования Гильберта-Хуанга (HHT), который состоит из двух главных компонентов: EMD и спектрального анализа Гильберта. Достоинствами метода является формирование адаптивного базиса разложения – эмпирических мод ($c_i(t)$), а также, отсутствие предварительной обработки регистрограмм, связанной с их предварительной линеаризацией [6].

Проведенный сравнительный анализ методов выявил, что в качестве базового метода исследования нелинейных и нестационарных процессов, в том числе и регистрограмм, получаемых от объектов энергосистемы, следует рассматривать классический эмпирический метод декомпозиции [7].

Однако, как отмечено в работах [8, 9], при неравномерном распределении исходных (анализируемых) данных вдоль оси абсцисс или наличии в них погрешностей, использование интерполяции кубическими сплайнами в классическом алгоритме EMD может привести к некорректному разложению регистрогамм и, как следствие, выбору неадекватного управления демпфированием НЧК и нарушению статической устойчивости ЭЭС.

В связи с этим авторами выдвинута гипотеза о применении для параметрической идентификации регистрограмм *B*-сплайна, основным свойством которого является формирование кривой сглаженной формы, что

позволит нивелировать возможные погрешности, в том числе осцилляции модовых функций. В соответствии с вышеизложенным, целью дальнейшего исследования является разработка алгоритмической модели идентификации низкочастотных колебаний в электроэнергетических системах и ее программная реализация на основе *B*-сплайн разложения.

Список литературы

1. Гурский С. К. Адаптивное прогнозирование временных рядов в электроэнергетике / С.К. Гурский ; под ред. Р. И. Фурунжиева. – Минск : Наука и техника, 1983. – 271 с.

2. Сергиенко, А. Б. Цифровая обработка сигналов / А. Б. Сергиенко – СПб.: Питер, 2002. – 608 с. – ISBN 5-318-00666-3.

3. Вадутов, О. С. Математические основы обработки сигналов: учебное пособие / О. С. Вадутов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 212с.

4. Кривошеев, В. И. Современные методы цифровой обработки сигналов (цифровой спектральный анализ). Учеб. метод. пособие / В. И. Кривошеев. – Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2006. – 117 с.

5. Давыдов, В. А. Уменьшение краевых эффектов при выполнении эмпирической модовой декомпозиции сигналов преобразования Гильберта – Хуанга [Электронный ресурс] / В. А. Давыдов, А. В. Давыдов // Электронное издание «Актуальные инновационные исследования: наука и практика», 2011 – Режим доступа: http://www.actualresearch.ru (дата обращения: 15.10.2017)

6. Лазоренко, О. В. Системный спектральный анализ сигналов: теоретические основы и практические применения / О. В. Лазоренко, Л. Ф. Черногор // Радиофизика и радиоастрономия. – 2007. – т. 12. – №2. – С. 162-181.

7. 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.

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

9. Chen, Q. A B-spline approach for empirical mode decompositions/ Q. Chen, N. E. Huang, S. Riemenschneider, Y. Xu // Advances in Computational Mathematics. – 2006. – № 24(1-4). – P. 171-195.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТИПОВ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ

Семенова Н.Г., канд. техн. наук, доцент,
Веремеев А.А., Зеленцов Д.С.
Оренбургский государственный университет

В последние годы в мире наблюдается существенное истощение традиционных источников энергии: угля, нефти, газа и других природных ископаемых. Это безусловно приводит к росту стоимости теплоносителей, повышению тарифов на коммунальные услуги и отопление. Поэтому поиск и использование альтернативных источников энергии является своевременной и актуальной задачей. При этом энергия Солнца представляется неисчерпаемый постоянно работающий источник, с использованием которого могут успешно работать теплоэнергетические комплексы на основе гелиоколлекторов.

Внедрение технологий использования возобновляемых источников энергии становится все более актуально и перспективно. Наблюдая увеличивающийся спрос на возобновляемые источники энергии эксперты Евростата считают, что к 2050 году альтернативная энергетика будет занимать 35% на мировом энергетическом рынке.

В нашей стране и за рубежом используют солнечную энергию для преобразования в тепловую, посредством солнечных коллекторов. Солнечный коллектор – это устройство, в котором энергия солнечного излучения, захватывается поглощающей средой и производит нагрев материала теплоносителя. Применяются для отапливания промышленных и бытовых помещений, для горячего водоснабжения производственных процессов и бытовых нужд.

Внедрение коллекторов в энергетическую систему, дает экономически выгодные результаты. Так, например, в Астраханской области согласно проекту «Солнечный город» была создана котельная на основе вакуумных солнечных коллекторов. Ее мощность составила 30Мвт, а количество примененных коллекторов 2200 шт. Такая станция дает возможность снабжать горячей водой и теплом город населением в 12 тысяч человек [1].

Проведенный анализ научно - технической литературы показал, что выделяют несколько типов солнечных коллекторов: трубчатые вакуумные, плоские водяные и плоские воздушные. Рассмотрим кратко принцип действия, достоинства и недостатки каждого типа.

Трубчатые вакуумные коллекторы

Трубчатый вакуумный коллектор [2] состоит из каркасной рамы, на которую крепятся вакуумные стеклянные трубки с высокой селективностью. Простота такой конструкции позволяет настраивать угол наклона, для большего приема солнечной энергии. Нагрев теплоносителя такого типа коллектора происходит следующим образом. Солнечное излучение распространяется на поверхности прозрачной стеклянной вакуумной колбы.

Внутри этой колбы находится колба с селективным покрытием, что позволяет повысить эффективность абсорбирования солнечной энергии. В колбе с селективным покрытием проходят трубки с жидким теплоносителем, который нагревается и передает тепло в коллектор. Между внешней и внутренней стеклянной колбой находится вакуум, что позволяет снизить тепловые потери.

Плоские коллекторы

Конструкция такой установки [3] предполагает наличие алюминиевого корпуса, передняя стенка из прозрачного многослойного ограждения, задняя стенка выполняется из металла. Внутри устанавливается плоский абсорбер, как правило выполняется из металлов с высокой теплопроводностью. Абсорбер располагается между прозрачным ограждением и задней стенкой. С тыльной стороны абсорбера напаиваются трубки, по которым будет протекать теплоноситель. Между абсорбером и задней стенкой размещается тепловая изоляция, чтобы снизить тепловые потери в окружающую среду.

Конструкция плоского коллектора проще в отличии от трубчатого вакуумного и за счет этого стоимость такой установки гораздо ниже. Принцип работы его следующий: солнечное излучение проходит через прозрачное ограждение и попадает на абсорбер с селективным покрытием. Абсорбер поглощает солнечную энергию в результате чего его поверхность нагревается и в трубках, припаянных к абсорберу нагревается жидкий теплоноситель.

Плоские солнечные воздушные коллекторы

Коллектор такого типа очень прост и в основном предназначен для сезонной работы. Рассмотрим структуру такой системы обогрева помещений. Корпус может изготавливаться из различных материалов, алюминий, дерево, металл. Внутри каркаса установлены перфорированный лист, являющийся абсорбером. Для лучшего поглощения солнечных лучей, лист покрывается специальным селективным покрытием или окрашивается в черный цвет. Передняя часть корпуса закрывается в основном панелью из стекла или сотового поликарбоната. Задняя часть корпуса утепляется и закрывается панелью из алюминия, либо дерева.

Такая система не может полностью заменить систему отопления помещений, но может отлично дополнять уже встроенную систему отопления, а также позволяет значительно сокращать затраты на использование традиционных энергетических источников питания.

Система отличается также простым принципом действия. Охлажденный воздух забираемый из помещения поступает в нижнюю часть конструкции, проходит через поглотитель под воздействием вентилятора и на выходе уже прогретый подается обратно в помещение

Сравнительный анализ рассматриваемых типов солнечных коллекторов представлен в таблице 1

Таблица 1 – Сравнение типов коллекторов

Типы коллекторов	**Достоинства**	**Недостатки**
Трубчатые вакуумные	- низкие теплопотери; - эффективная работа в холодное время года; - способность генерировать высокие температуры воды; - высокая производительность	- достаточно высокая стоимость; - неспособность к самоочистке от снега; - незащищенность вакуумных колб; - сложность монтажа из-за неразборного корпуса
Плоские водяные	- хорошее соотношение цены и производительности; - способность самоочищения от снега и инея; - вариативность установки коллекторов - возможность крепления под разным углом по отношению к вакуумным коллекторам - простота в обслуживании.	- высокие тепловые потери; - высокая парусность; - низкая производительность в холодное время.
Плоские воздушные	- низкая стоимость; - простота конструкции; - большой срок службы от 10 до 20 лет; - поддержание нормального микроклимата в помещении; - надежность – так как конструкция установки проста и вероятность выхода ее из строя очень мала. - устойчив к воздействию коррозии.	- невозможность аккумулирования тепла; - применение только в сезонное время

Исходя из Среднесуточного количества солнечных часов в нашей области, можно считать, что использование коллекторов является эффективным для обогрева помещений. Сравнительный анализ коллекторов показал, что более предпочтительным для применения является воздушный коллектор, поэтому за основу в работе будет взята конструкция плоского солнечного воздушного коллектора. Такой тип коллектора имеет много преимуществ для использования в нашем регионе и способен работать при низких температурах не используя антифриз. Теплоносителем является воздух, а не вода и при

понижении температуры он не замерзает, что является большим достоинством и дает возможность длительного использования при низких температурах. Так же воздушная система коллектора решает ряд проблем с вентиляцией помещений, эффективно поддерживая необходимые требования СНиП.

Солнечные коллекторы зависят от солнечной энергии, что не позволяет полностью обеспечить ими обогрев помещений и требуют совмещения с традиционными источниками отопления. В связи с этим планируется создать автоматизированную систему управления, позволяющую комбинировать традиционную систему отопления с солнечными коллекторами.

Список литературы

1. *Запуск котельной в Астраханской области на базе солнечных коллекторов Buderus. [Электронный ресурс] : офиц. Сайт / компания «Бош Термотехника» – Режим доступа : https://www.buderus.ru/infocenter/press/novosti/solar-collector.html – Дата обращения (24.11.2017)*
2. *Казаджан Б.И. Описание изобретения к патенту С 1 2407957 F24J2/04 28.12.2009 / Б.И. Казаджан – заявка №:2009148440/06, Заявил 28.12.2009*
3. *Гелиоэнергетика для отопления и горячего водоснабжения - Принцип работы солнечного коллектора. [Электронный ресурс] : офиц. Сайт / «Информационной ресурс об электрогенераторах и энергооборудовании». – Режим доступа: http://genport.ru/article/gelioenergetika-dlya-otopleniya-i-goryachego-vodosnabzheniya-princip-raboty-solnechnogo – Дата обращения (15.12.2017)*

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МОЛНИЕПРИЕМНИКОВ

Семёнова Н.Г., канд. техн. наук, доцент,
Коннова А.А.
Оренбургский государственный университет

На сегодняшний день, по данным МЧС, статистика погибших людей от ударов молнии больше, чем жертв в авиационных катастрофах, а также в 30% случаев возгорание объектов происходит от грозовых разрядов. В связи с этим разработка системы молниезащиты, отвечающая таким критериям как, простота, дешевизна, расширенная зона защиты и эстетическое исполнение, является актуальной и значимой задачей в настоящее время.

Анализ научно-технической литературы по существующим системам молниезащиты позволил авторам условно их разделить на две группы: пассивные молниеприемники (молниеприемная сетка, тросовая молниезащита, одиночный стержень) и активные молниеприемники. Рассмотрим кракто каждую из них.

Пассивные молниеприемники.

1. Молниеприемная сетка. Выделяют следующие достоинства молниеприемной сетки: сокращение электромагнитного излучения, распространение тока молнии одновременно через несколько проводников, выравнивание потенциалов всего защищаемого объекта.

Недостатки такой защиты: трудоемкий монтаж, не всегда эстетичное исполнение, дороговизна в связи с увеличением металлических компонентов.

2. *Тросовая молниезащита* – представляет собой натянутые над защищаемым объектом стальные тросы, натянутые и закрепленные на опорах или мачтах, чаще всего используется для обеспечения высокой степени надежности защиты объекта от прямых ударов молний.

Достоинствами такой защиты являются: сокращение электромагнитного излучения, выравнивание потенциалов всего защищаемого объекта, защита открытых зон.

Недостатки: трудоемкий монтаж, не всегда эстетичное исполнение, дороговизна, растянутые тросы опасны в местах использования подъемного оборудования.

3. *Молниеприемный стержень* – это металлический проводник, установленный на крыши здания и принимающий разряд молнии.

Достоинства такой защиты следующие: простая установка, низкая стоимость относительно других видов молниезащит, устанавливается без изменения архитектурной эстетичности объекта.

Недостатки: маленькая площадь защиты, применение только с использованием высоких мачт.

Активная молниезащита.

Активная молниезащита основана на генерации высоковольтных импульсов на конце молниеприемника с помощью встроенного электронного устройства, который подает импульс на острую коническую вершину.

Главные достоинства данной системы: расширенная зона молниезащиты, простота и дешевизна монтажа даже на объекты нестандартной формы, эстетические не препятствует восприятию защищаемого объекта.

Единственным недостатком активной молниезащиты выделяют высокую стоимость, а также, то что данная система нова для российского населения по сравнению с пассивной системой, которая давно проверена временем.

Первый активный молниеприемник PREVECTRON появился почти 10 лет назад на белорусском рынке от французской компании INDELEC. Эти устройства представляли собой модифицированную версию одиночного молниеприемника.

Сравнительные испытания, демонстрирующие преимущества и недостатки одного типа молниеприемника перед другим, провел Институт электроэнергии во Франции. Особое внимание в этом исследовании получили активные молниеприемники. Суть этого эксперимента заключалась в следующем: при одном и том же значении напряжения производились серии разрядов по 20 раз и определялось соотношение числа разрядов со стержневого молниеприемника и активного. Результаты были таковы: при одинаковой высоте молниеприемников при всех разрядах срабатывал исключительно активный, а при изменение высоты стрежневого молниеприемника в сторону увеличения, продолжая исследовать модель молниеприемников было обнаружено, что активный молниеприемник вел себя работоспособнее стержневого, это обусловило его стабильное преимущество над стержневым.

Расчет зоны защиты активного молниеотвода производится методом катящихся сфер, по основным формулам.

Защитный радиус активного молниеприемника определяются по формуле:

$$Rp.a = \sqrt{(h \cdot (2D - h) + dL \cdot (2D + dL))}, \quad (1)$$

при h<dL+2D,м

где h – высота верхушки активного молниеотвода над защищаемой поверхностью, м;

D – дистанция удара, определяющаяся по пиковым значениям тока:

I уровень защиты: D=20 м, Iмакс=2,8 кА;

II уровень защиты: D=45 м, Iмакс=9,5 кА;

III уровень защиты: D=60 м, Iмакс=14,7 кА;

dL – инициация верхнего лидера, м.

Инициация верхнего лидера, определяется по формуле:

$$dL = \vartheta \cdot dT \quad (2)$$

где ϑ – скорость инициации верхнего лидера, м\мкс;

dT – время инициации верхнего лидера, мкс.

Объем защищаемого пространства определяется по формуле полусферы:

$$V_{ма} = \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R_{р.а}^3 \quad (3)$$

Статистические данные по использованию молниеприемных систем на территории Оренбургской области представлены на рисунке 1.

Рисунок 1 – Использование молниеприемников.

Проведенный анализ научно-технической литературы показал, что в настоящее время основными инновационными направлениями по развитию молниезащиты является внедрение активных молниеприемников в обширное пользование.

Список литературы

1. *Правила устройств электроустановок (ПУЭ), изд. 7, 2016 г.*
2. *РД 34.21.122-87. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений. Москва, 1987, Минэнерго СССР.*
3. *Стрижков И. Г.; Кремянский В.Ф. – Проектирование устройств молниезащиты зданий и сооружений.*

ПРОБЛЕМЫ БОРЬБЫ С ГОЛОЛЕДНЫМИ ОБРАЗОВАНИЯМИ НА ПРОВОДАХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Скрябина А.В.
Оренбургский государственный университет

Последние несколько лет мы все чаще становимся свидетелями природных аномальных явлений, таких как: «ледяной дождь», сильные снегопады при быстром снижении температуры и т.п., которые приводят к возникновению аварий в энергетических системах. Все это заставляет специалистов электроэнергетики искать действенные методы борьбы с такими техногенными авариями.

Образование льда на тросах и проводах линий электропередачи (ЛЭП) чаще всего становится причиной серьезных аварий в осенне-зимней период, связанных с короткими замыканиями, обрывами проводов и тросов и даже поломкой траверс и опор, вследствие увеличения предельно допустимых нагрузочных значений.

По размерам ущерба приостановка электроснабжения может быть причислена к наиболее серьезным видам бедствия, причиняющим ущерб размеренному существованию общества. Поэтому организации дистанционного мониторинга электроснабжения потребителей необходимо уделить особое внимание при любых взаимоотношениях в обществе.

Как пример, можно вспомнить аварийное отключение на острове Сахалин 26 октября 2013 года. В результате были обесточены 7 населенных пунктов в Поронайском районе Сахалинской области (центральная часть острова), где проживает порядка 17 тысяч человек.

На сегодняшний день наиболее распространенным и недорогостоящим методом борьбы с гололедными отложениями на линиях электропередач является механическая очистка, самый трудоемкий из существующих. Для его реализации требуется отключение ЛЭП от генерирующего оборудования в момент критического образования гололедной корки, которая должна регистрироваться выездными командами служб обслуживания линий. Данный метод затратный не только в плане оборудования, но и человеческих ресурсов.

Для очистки более протяженных сетей используется метод плавки гололеда переменным или постоянным током. Для обеспечения данного способа требуется отключение линии на длительный срок, а токи, которые обеспечивают должную величину тепловой энергии достаточной для плавки гололеда, могут достигать величин, приводящих к деформациям конструктивного оборудования сетей.

Так как пока нет возможности получать данные о количестве гололедных отложений на проводах в реальном времени, целесообразно переключать линию на установки плавки гололеда.

Использование современных проводов не решит задач по устранению аварийных ситуаций в целом, так как с помощью этих проводов можно

увеличить только диапазон механической нагрузки, которая выдерживается проводами. Но для их применения также необходимо изменять устройства подвески изоляторов. Без дополнительно технико-экономического основания дополнительное удорожание сети не будет одобрено сетевыми организациями.

Не всегда удается достичь должного результата в определении гололедной корки ЛЭП с использованием датчиков гололеда. Это связано с тем, что множество представленных датчиков в технической литературе ориентировано на отслеживание начала образования гололедной шапки, и не представляется возможности контролировать массу линии. Применение для анализа гололедообразования устройств, которые в данной момент широко используются в авиации, не приемлемо из-за трудоемкой доработки.

Наиболее современный метод устранения гололедно-изморозевых отложений является нагрев провода при пропускании по нему ВЧ электромагнитной волны, основанный на двух физических явлениях: скин-эффекте и дискретном преобразовании излучаемой электромагнитной энергии в тепло.

Для практического внедрения данного метода борьбы с гололёдом на воздушных линиях электропередач необходимо изготовить промышленную установку – высокочастотный генератор, и провести опытные испытания.

Выполненные испытания позволят:

— доказать правильность способа о том, что на проводах, сначала нагретых до температуры 10–15 °С, наледь не образуется;

— уточнить необходимую мощность на один метр трёхфазной ЛЭП напряжения 110-220 кВ;

— в достаточном объёме составить план мероприятий по изготовлению устройства и возможному внедрению нового метода борьбы с гололёдом, а точнее, по предотвращению его образования на проводах ЛЭП.

Общая аппаратная схема установки включает основные части: ВЧ-генератор; автоматически устройства, которые служат для подключения генератора к ЛЭП и передачи в линию максимальной вырабатываемой мощности.

Проблема контроля гололедообразования на участках линий общеизвестна и особенно актуальна в данное время года, так как высокая влажность, ветры, резкие перепады температуры воздуха способствуют интенсивному ледообразованию на проводах с соответствующими нежелательными последствиями в виде их обрывов. Нельзя однозначно дать ответ, какой способ борьбы с подобными отложениями лучше, так как все аппаратные средства приводят к удорожанию системы. Наверное, поэтому и стремятся придумать все новые и новые системы мониторингов, чтобы исключить повреждения ЛЭП вследствие увеличения механической нагрузки.

Безопасность по отношению к электроэнергетике завязывается на отсутствии или хотя бы минимизации количества крупных по величине и/или длительности аварий, с нарушением нормальной работы энергосистемы. Низкая программная мониторинговая оснащенность электроэнергетики

снижает надежность абсолютно всего комплекса. Что в свою очередь негативно сказывается как на современном производстве, так и на жизни общества во всех его отношениях.

Список литературы

1. *Юрьев Е. Концепция и реализация систем технической диагностики энергетического оборудования / Е. Урьев, Ю. Агапитова, А. Сбитнев, С. Евдокимов // Сборник докладов. М.: ВТИ, 2001.*
2. *СО. Правила отображения технологической организации. – 2015–04–13. – Москва: АО «СО ЕЭС». 2015. –126 с.*
3. *Минуллин Р.Г., Абдуллазянов Э.Ю., Касимов В.А., Яруллин М.Р. Современные методы обнаружения гололеда на проводах воздушных линий электропередачи. Часть 1// Известия высших учебных заведений. — 2013. — № 7–8. — С. 68–78.*
4. *Управляемый выпрямитель для плавки гололеда на проводах и грозозащитных тросах ВЛ // Информационная система iElectro: Все об электротехнике. URL: http://www.ielectro.ru/news51718/index.html (дата обращения 01.10.2011).*
5. *Высокотемпературные провода: повышение пропускной способности ВЛ // EnergyFuture.ru: Профессионально об энергетике будущего и настоящего. URL: http://energyfuture.ru/vysokotemperaturnye-provoda-povyshenie-propusknoj-sposobnosti-vl (дата обращения 10.10.2011).*
6. *Алмаев, М.А. Электромеханическое вибрационное устройство очистки линий электропередачи от гололедных отложений / М.А. Алмаев, А.В.Трофимов // Сборник научно-исследовательских работ аспирантов финалистов конкурса аспирантов и молодых ученых в области энергосбережения в промышленности. г. Новочеркасск, октябрь 2010 г. / Мин-во образования и науки РФ, Юж.-Рос. гос. техн. ун-т.(НПИ). – Новочеркасск: Лик, 2010. – С. 3-5.*

НАЛАДОЧНО – ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ КОМПЛЕКС НА БАЗЕ ОБОРУДОВАНИЯ ФИРМЫ «ОВЕН»

Сорокин В.А., Крупский А.А.
Оренбургский государственный университет

Данный наладочно – исследовательский комплекс предназначен не только для проведения тестовых и наладочных работ на производственных объектах благодаря своей компактности и мобильности, но и для обучения студентов основам автоматизации технологических процессов, программированию логических контроллеров, созданию систем визуализации для обеспечения эффективных образовательных технологий за счет смены знаниевой парадигмы на деятельностную и интеграции обучаемых в реальную исследовательскую и производственную деятельность, а также приобретения востребованных рынком профессиональных компетенций в условиях современного производства [1].

Многие проекты автоматизированных систем контроля и управления для большого спектра областей применения позволяют выделить обобщенную схему их реализации, представленную на рисунке 1. Как правило, это двухуровневые системы, так как именно на этих уровнях реализуется непосредственное управление технологическими процессами.

Нижний уровень объекта (контроллерный) – включает датчики для сбора информации о ходе технологического процесса, электроприводы и исполнительные механизмы для реализации регулирующих и управляющих воздействий. Датчики поставляют информацию локальным программируемым логическим контроллерам (ПЛК), которые могут выполнять следующие функции:

1) сбор и обработка информации о параметрах технологического процесса;

2) управление электроприводами и другими исполнительными механизмами;

3) решение задач автоматического логического управления и др.

В качестве локальных ПЛК (PLC - Programming Logical Controoller) в системах контроля и управления различными ТП в настоящее время применяются контроллеры как отечественных производителей, так и зарубежных. На рынке представлены контроллеры, способные обрабатывать поступающую информацию до нескольких сот переменных.

Информация с локальных контроллеров может направляться в сеть диспетчерского пункта непосредственно, а также через контроллеры верхнего уровня. Верхний уровень - диспетчерский пункт (ДП) - включает, прежде всего, одну или несколько станций управления, представляющих собой автоматизированное рабочее место (АРМ) диспетчера/оператора. Здесь же может быть размещен сервер базы данных, рабочие места (компьютеры) для специалистов и т. д.

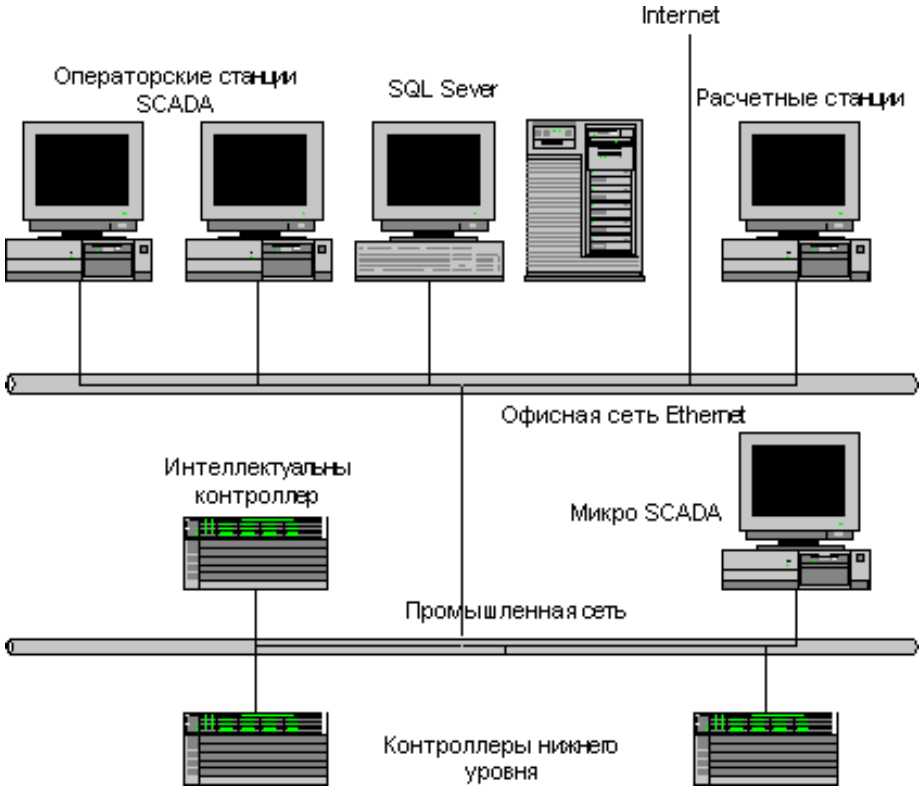


Рисунок 1 - Схема реализации АСУТП.

Программируемые логические контроллеры (ПЛК) - это микропроцессорные устройства, предназначенные для выполнения заданных алгоритмов управления. Принцип работы ПЛК заключается в сборе и обработке первичных данных, поступающих через входные цепи, в соответствии с программой пользователя и выдача управляющих воздействий через выходные цепи на исполнительные устройства [1,2].

ПЛК разработаны с целью замены релейно-контактных схем управления, собранных на дискретных компонентах: электромагнитных реле, таймерах, счетчиках, элементах жесткой логики [3]. Принципиальное отличие ПЛК от релейных схем заключается в том, что в нем все алгоритмы управления реализованы на программном уровне. При этом надежность работы схемы не зависит от сложности этой программы. Использование ПЛК позволяет заменить одним устройством большое количество отдельных элементов релейной автоматики, что увеличивает надежность системы, минимизирует затраты на производство, ввод в эксплуатацию и обслуживание. ПЛК может обрабатывать дискретные и аналоговые сигналы, управлять клапанами, сервоприводами, преобразователями частоты и другими устройствами.

Производителями наладочных стендов на базе ПЛК, представленных на российском рынке, являются НПП "Учтех-Профи", г. Челябинск (типовые комплекты учебного оборудования ПЛК-Siemens 1200-МН и ПЛК-ОВЕН-МН, рисунок 2) [4], ООО Компания «Новый Стиль», г. Ярославль (лабораторный комплекс для изучения программируемого логического контроллера OMRON, рисунок 3), компания ООО «Профкабинет», г. Ярославль (типовой комплект

учебного оборудования "ПЛК-Siemens") [5], компания Профистенд, г. Москва (комплект учебного оборудования «ПЛК-Siemens») [6] (рисунок 4) и другие.

Рисунок 2 – Комплект учебного оборудования ПЛК-Siemens 1200-МН и ПЛК-ОВЕН-МН

Рисунок 3 – Лабораторный комплекс для изучения программируемого логического контроллера OMRON (ПЛК-OMRON)

Рисунок 4 – Типовые комплекты учебного оборудования «ПЛК-Siemens» производства компаний ООО «Профкабинет» и «Профистенд»

По результатам выполненного обзора можно сделать вывод об актуальности проблемы разработки и изготовления современного учебного оборудования, отличительными особенностями которого является мобильность для возможности его перемещения как в стенах учебного заведения, так и на производстве с целью увеличения количества выполняемых практикумов. Представленные на рынке лабораторные стенды имеют, как правило, значительную массу и необходимость использования ПК, что ограничивает их возможности и мобильность.

Функциональная схема предлагаемого к реализации мобильного наладочно – исследовательского лабораторного комплекса на базе оборудования фирмы «ОВЕН» приведена на рисунке 5.

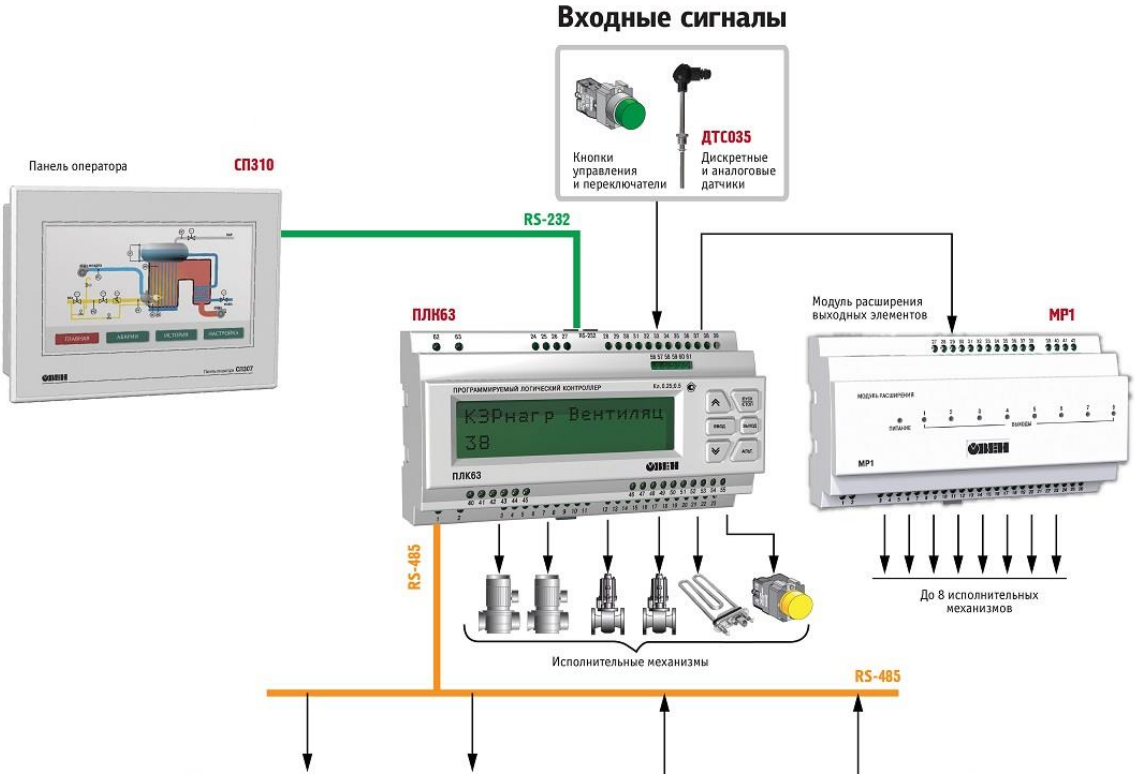


Рисунок 5 – Функциональная схема стенда

Предлагаемый наладочно – исследовательский комплексна базе оборудования фирмы «ОВЕН» [7], изображенный на рисунке 6, отличается от существующих стендов своей мобильностью. Комплекс интегрирован в легкий алюминиевый корпус типа «дипломат» с внутренними размерами 450 х 315 мм. Полная масса не превышает 5 кг. Питание элементы комплекса получают от импульсного блока питания, преобразующего напряжение питающей сети переменного напряжения 220 В в постоянное напряжение 24 В, расположенного за лицевой панелью, или от внешнего источника постоянного напряжения 24 В.

В таблице 1 представлена информация о количестве входных и выходных точек подключения предлагаемого комплекса.

Таблица 1- Количество входных и выходных точек подключения

	Аналоговые и дискретне входы / выходы	Кол-во
1	Дискретные входа	16
2	Дискретные выхода	10
3	Аналоговые входа	8
4	Аналоговые выхода	4

Рисунок 6 - Наладочно – исследовательский комплекс на базе оборудования фирмы «ОВЕН»

В одном из отсеков корпуса (рисунок 7) произведен монтаж всех узлов комплекса производства фирмы «ОВЕН», входящих в его состав, выполнена необходимая коммутация оборудования. Лицевая панель содержит панель оператора с сенсорным экраном СП-310Р, программируемый логический контроллер ОВЕН 63 с модулем расширения дискретных входов/выходов МР-1. Дополнительно на ней смонтированы тумблеры и точечные светодиодные индикаторы, предназначенные для ручного моделирования входных дискретных сигналов в процессе наладки и испытаний, сетевой выключатель, разъёмы интерфейсных портов Ethernet, RS-232 и RS-485, а также разъем USB для подключения сменных носителей информации.

Подача входных и выходных сигналов на объект управления осуществляется посредством установленных на лицевую панель соответствующих разъёмов. Оставшийся отсек корпуса служит защитной крышкой с креплениями для шнуров и соединительных проводов, необходимых в процессе эксплуатации комплекса, на нем размещена необходимая графическая информация, используемая во время работы.

Одним из достоинств конструкции на основе ПЛК ОВЕН 63 является поддержка пяти языков программирования в среде CoDeSys - IL, LD, FBD, ST и SFC, входящих в международный стандарт МЭК 61131-3. При разработке проекта пользователь может выбрать любой из языков для написания конкретного программного модуля. В рамках одного проекта могут присутствовать программные модули, написанные на разных языках программирования.

Особенностями комплекса является не только его мобильность, но и возможность совместного либо раздельного использования сенсорной панели СП-310Р как со «своим» ПЛК, так и с контроллерами сторонних

производителей, поддерживающих передачу данных по каналам RS-232 и RS-485, а также с использованием порта Ethernet. Это достигается блочной структурой комплекса, позволяющей использовать только те его составляющие, которые требуются для реализации поставленных целей и задач при исследовательской работе в конкретных условиях.

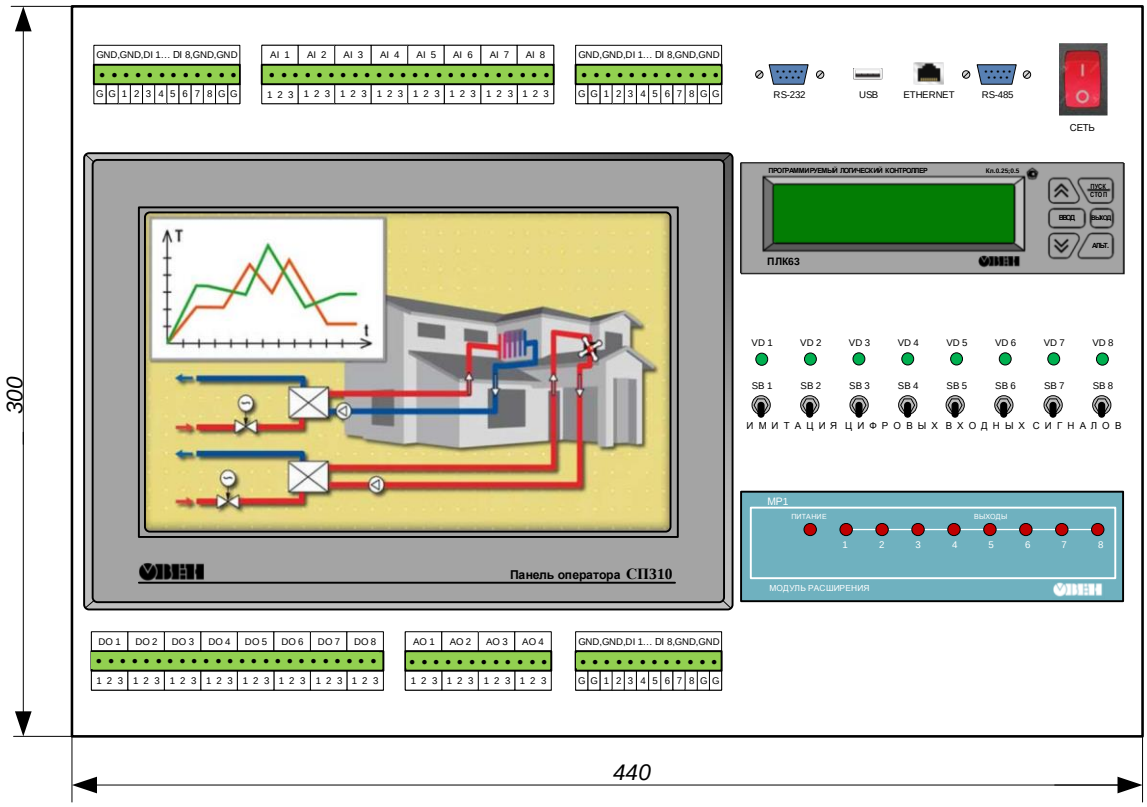


Рисунок 7 - Лицевая панель комплекса

В современных условиях приоритетного увеличения доли самостоятельной работы студентов, для повышения качества образования, посредством использования наладочно – исследовательского комплекса на базе оборудования фирмы «ОВЕН» возможна реализация следующих интерактивных лабораторных практикумов, способствующих формированию профессиональных компетенций и приобретению практических навыков работы:

1) автоматизация промышленной моечной установки;
2) управление термокамерами и печами;
3) организация кондиционирования воздуха в помещении;
4) система контроля эффективности сжигания топлива на котлоагрегатах малой и средней мощности;
5) управление приточно-вытяжной вентиляцией;
6) автоматическое управление электрическим котлом;
7) управление подъемными механизмами и др.

Использование мобильного наладочно – исследовательского комплекса на базе оборудования фирмы «ОВЕН» возможно не только в учебном процессе

в стенах лаборатории, но и на производственных объектах, благодаря своей компактности и мобильности.

Список литературы

1. *Никонов А.В., Вахрушев В.Ю., Куклин В.В. Лабораторные комплексы на базе Trace Mode 6 и средств автоматизации ОВЕН /Управление производством в системе TRACE MODE: тезисы докладов XV международной конференции и выставки, 12 февр. 2009 г. / Бизнес-парк Авиаплаза. - Москва, 2009. - С. 72-75.*
2. *Минаев И.Г., Программируемые логические контроллеры - практическое руководство для начинающего инженера / И. Г. Минаев. В. В. Самойленко. - Ставрополь: АГРУС, 2009. – 100 с.*
3. *Парр Э., Программируемые контроллеры: руководство для инженера / Э. Парр; пер. 3-го англ. изд. - М. БИНОМ, Лаборатория знаний, 2007. - 516 с.*
4. *Электронный источник: https://www.galsen.ru Сайт группы компаний «ГалСен»: Инженерно-производственный центр «Учебная техника» (головное предприятие) и «Учебная техника-ГалСен».*
5. *http://www.profkabinet.ru Официальный сайт ООО "Профкабинет"- производителя и поставщика учебного и лабораторного оборудования, интерактивного оборудования, учебного программного обеспечения.*
6. *http://www.profistend.info. Официальный сайт компании «Профистенд» -производителя учебного оборудования для профессионального образования*
7. *http://www.owen.ru Официальный сайт компании «ОВЕН» - производителя оборудования для автоматизации*

ВОЗМОЖНОСТЬ ПОСТРОЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРИВОДА С ФУНКЦИЕЙ ДИАГНОСТИКИ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Соколов С.С., Новоселов И.А., Сурков Д.В., канд. техн. наук
Оренбургский государственный университет

В данной статье рассматриваются проблемы диагностики неисправности асинхронных двигателей, входящих в состав электропривода. Приведена структурная схема. Перечислены причины возникновения неисправности и известные способы диагностики.

В настоящее время на электрических станциях России и всего мира в приводах механизмов собственных нужд применятся в основном асинхронный электродвигатель (АД) с короткозамкнутым ротором. Однако, зачастую двигатели в процессе эксплуатации сталкиваются с тяжелыми условиями пуска, что негативно влияет на надежность, как самой машины, так и ротора в частности. Для повышения эксплуатационной надежности и срока службы асинхронных двигателей необходимо своевременное выявление (диагностика) неисправностей до возникновения аварийной ситуации. При этом значительно снижается время и стоимость ремонта. На данный момент существующие методы функционального контроля не нашли широкого применения поскольку разработанные устройства обладают низкой чувствительностью к обрыву одного стержня и при этом не имеют четких диагностических критериев дефекта.

Анализ существующих методов технической диагностики электродвигателей показывает, что существуют два направления их развития. К первому относятся методы, применяемые при проведении профилактических испытаний и ремонтов (т.е. на неработающих электродвигателях) и позволяющие выявлять практически все возможные виды электрических повреждений. Ко второму направлению относятся методы, применяемые на работающих электродвигателях и позволяющие судить о наличии повреждений определенного типа, например дефектов подшипников, изоляции статорной обмотки и др.

Поэтому разработка методов и устройств функциональной диагностики состояния обмоток ротора мощных АД является актуальной задачей.

Электрический привод – это электромеханическая система, состоящая из преобразовательного устройства, электрического двигателя, передаточного устройства, которые связаны с управляющим устройством

На рисунке 1 изображена структурная схема типового электропривода, в которой в качестве преобразовательного устройства используется частотный преобразователь, называется частотно-регулируемый электропривод. Электрический двигатель получает с выхода преобразователя частоты получает переменное напряжение.

При частотно регулируемом электроприводе используются двигатели переменного тока. К ним относятся синхронные и асинхронные двигатели.

Двигатель преобразует электрическую энергию в механическую, которая в свою очередь приводит в действие рабочий орган механизма.

Современная система управления асинхронным двигателем должна обеспечивать максимальную экономию электроэнергии, высокую точность регулирования частоты, оптимальный закон управления, иметь высокую надежность и невысокую стоимость. Такие системы управления строятся на базе микропроцессоров и позволяют достигнуть высоких показателей требуемых технологических параметров. Перспективным направлением является внедрение в систему управления функции диагностики асинхронных двигателей для предупреждения возникновения критических неисправностей.

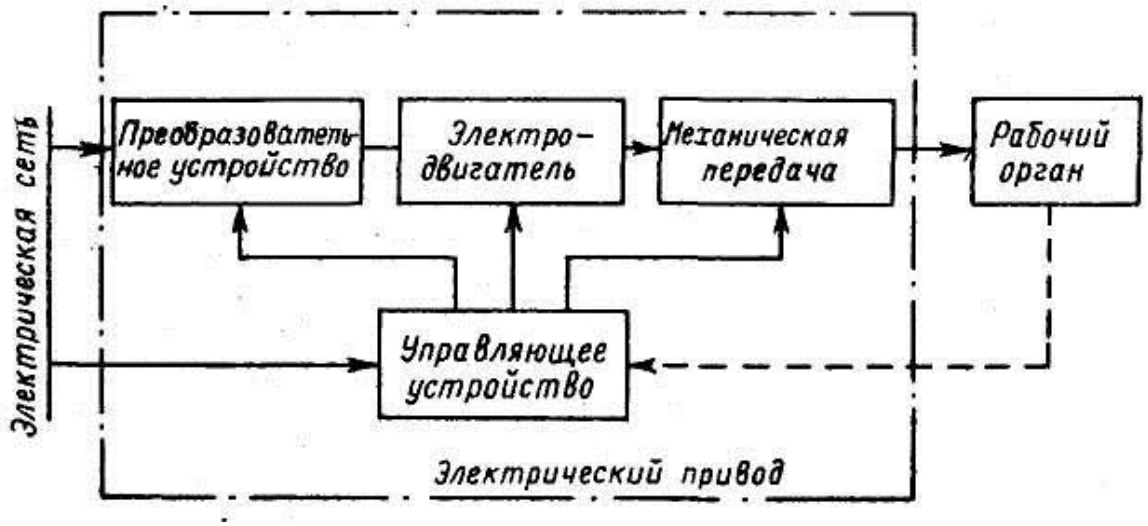


Рисунок 1

В настоящее время известны следующие методы диагностики асинхронных двигателей:

1. Методы, основанные на анализе вибраций отдельных элементов агрегата.

2. Методы, основанные на анализе акустических колебаний, создаваемых работающей машиной.

3. Методы, основанные на измерении и анализе магнитного потока в зазоре двигателя.

4. Методы, основанные на анализе вторичных электромагнитных полей машины.

5. Методы, основанные на измерении и анализе температуры отдельных элементов машины.

6. Методы диагностики механических узлов (в частности подшипников) основанные на анализе содержания железа в масле.

7. Методы диагностики состояния изоляции.

8. Методы, основанные на анализе электрических параметров машины.

Наиболее предпочтительными методами являются методы, основанные на анализе электрических параметров работающего оборудования, а именно токов, напряжений и потребляемых мощностей. Использование данных методов возможно без непосредственного доступа к диагностируемой машине.

В качестве датчиков тока и напряжения в настоящее время используются датчики на основе эффекта Холла, которые работают в широком диапазоне частот с постоянной чувствительностью. Это позволяет регистрировать колебания с частотами от нуля до нескольких десятков килогерц. В качестве диагностических параметров используются: гармонические составляющие спектра тока статора, гармонические составляющие спектра потребляемой мощности, спектральные составляющие амплитуды и фазы вектора Парка. Недостатком данных методов является необходимость учета влияния на электрические параметры привода параметров питающей сети, характера нагрузки, влияния внешних электромагнитных полей, переходных процессов в приводе. При использовании регулируемого электропривода на основе силовых полупроводниковых преобразователей в спектрах токов возникают частоты, обусловленные коммутацией вентилей. Это также необходимо учитывать

Принимая в расчет общую непростую экономическую ситуацию в стране и моральное устаревание систем электроснабжения, в связи эксплуатацией зачастую еще советского оборудования выполнение научной работы в данном направлении исследований является полезным и востребованным.

Список литературы

1. Тестовая диагностика обмоток авиационных электрических машин с использованием метода бегущей волны. Шейников А.А., Белегов А.Н., Рожок А.В. Международный информационно-аналитический журнал «Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык». № 2 (13). Июнь 2017.

2. Диагностика технического состояния изоляции электрических машин в частотно-регулируемом электроприводе / А. С. Бешта, Е. Г. Худой // Електротехнічні та комп'ютерні системи. - 2011. - № 3. - С. 427-428.

ОБЗОР МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Новоселов И.А., Соколов С.С., Сурков Д.В., канд. техн. наук
Оренбургский государственный университет

В данной статье рассмотрены методы диагностики технического состояния асинхронных двигателей; проведен сравнительный анализ методов.

В настоящее время известны следующие методы диагностики асинхронных двигателей:

4. Методики, основанные на анализе вибраций отдельных элементов агрегата.
5. Методики, основанные на анализе акустических колебаний, создаваемых работающей машиной.
6. Методики, основанные на измерении и анализе магнитного потока в зазоре двигателя.
7. Методики, основанные на анализе вторичных электромагнитных полей машины.
8. Методики, основанные на измерении и анализе температуры отдельных элементов машины.
9. Методики диагностики механических узлов (в частности подшипников) основанные на анализе содержания железа в масле.
10. Методики диагностики состояния изоляции.
11. Методики, основанные на анализе электрических параметров машины.

Методы вибродиагностики получили достаточно широкое распространение. Суть методик в анализе параметров вибрации в различных точках электродвигателя. К вибрационным параметрам относятся виброперемещение, виброускорение и виброскорость. Регистрации подлежат как действующие (среднеквадратичные) значения, так и пик-фактор. Большое распространение получили также методы спектрального анализа, в которых в качестве диагностических параметров используют значения амплитуды отдельных гармонических составляющих вибрационного сигнала. Предельные уровни допустимых вибраций приведены в ГОСТе. Контроль вибрационных параметров производят в нескольких точках. Регистрации подлежат вибрационные параметры в вертикальном, горизонтальном и осевом направлениях. В качестве первичных преобразователей используются как контактные датчики (обычно пъезоакселерометры), так и бесконтактные (оптические датчики перемещения). К недостаткам методов вибродиагностики относятся:

1. Необходимость непосредственного доступа к диагностируемому агрегату, что не всегда возможно.
2. Методы вибродиагностики приспособлены к диагностики механических повреждений как двигателя, так и связанного с ним механизма.

Электрические повреждения не всегда могут быть своевременно выявлены по изменению вибрационных параметров. Это приводит либо к не обнаружению повреждения, либо к ложному срабатыванию, в зависимости от пороговых значений принятых в диагностической модели.

Методы акустической эмиссии также не достаточно чувствительны именно к электрическим повреждениям низковольтных двигателей.

Методы, основанные на измерении и анализе магнитного потока в зазоре двигателя на анализе вторичных электромагнитных полей распространенны для высоковольтных машин (от 6 кВ и выше). Установка датчиков магнитного поля требует непосредственного доступа к объекту диагностирования. Установка датчиков магнитного поля (элементов Холла или магниторезисторов) возможна только при изготовлении машины. Датчики вторичных электромагнитных полей машины весьма чувствительны к действию внешних электромагнитных излучений.

Методы тепловизионного контроля позволяют достаточно точно определять состояние подшипниковых узлов электрических машин. Однако, для контроля внутренних повреждений изоляции машины они не пригодны. В качестве датчиков температуры могут быть использованы бесконтактные инфракрасные пирометры. Это позволяет их использовать при отсутствии непосредственного доступа к диагностируемой машине.

Однако закрытое исполнение приводов не позволяет использовать бесконтактные датчики. Методы, основанные на анализе содержания железа в масле, широко применяются для диагностики механических узлов приводов. Однако эти методы определяют состояние механизма по косвенным признакам, что не позволяет своевременно выявить развивающиеся повреждения.

Методы диагностики состояния изоляции широко используется при диагностике электрооборудования. Как правило, их использование возможно только при отключенном питающем напряжении. Таким образом, исключается диагностика работающих машин в реальном времени в нормальном режиме их работы. Такой метод диагностики состояния изоляции при работающем оборудовании, как метод, основанный на регистрации частичных разрядов, в настоящее время разработан лишь для высоковольтного оборудования.

Наиболее предпочтительными методами являются методы, основанные на анализе электрических параметров работающего оборудования, а именно токов, напряжений и потребляемых мощностей. Использование данных методов возможно без непосредственного доступа к диагностируемой машине. В качестве датчиков тока и напряжения в настоящее время используются датчики на основе эффекта Холла, которые работают в широком диапазоне частот с постоянной чувствительностью. Это позволяет регистрировать колебания с частотами от нуля до нескольких десятков килогерц. В качестве диагностических параметров используются: гармонические составляющие спектра тока статора, гармонические составляющие спектра потребляемой мощности, спектральные составляющие амплитуды и фазы вектора Парка.

Недостатком данных методов является необходимость учета влияния на электрические параметры привода параметров питающей сети, характера нагрузки, влияния внешних электромагнитных полей, переходных процессов в приводе. При использовании регулируемого электропривода на основе силовых полупроводниковых преобразователей в спектрах токов возникают частоты, обусловленные коммутацией вентилей. Это также необходимо учитывать. [1]

Контроль изоляции асинхронных двигателей. Для изоляции асинхронных двигателей основная причина повреждений термомеханические воздействия. Под их влиянием, а также от вибраций в условиях повышенных температур, происходят механические повреждения изоляции в виде расслоения или образования трещин. Это вызывает внутри диэлектрика в газовых включениях появление частичных разрядов. Частичные разряды обусловливают в конечном итоге пробой изоляции. При достижении предельного состояния возможен переход к тепловой форме формирования пробоя. Таким образом, частичные разряды являются индикаторами числа и степени развитости дефекта.

В зависимости от места дефекта может происходить зауглероживание изоляции. Это приводит к росту тока утечки. Ток утечки, в отличие от частичных разрядов, может быть измерен на постоянном токе по величине сопротивления изоляции.

Диагностика состояния изоляции асинхронных двигателей является отработанной.

Диагностическими характеристиками служат:

- сопротивление изоляции обмотки;
- коэффициент абсорбции ($I_{15}/I_{60сек}$) и индекс поляризации ($I_{1мин}/I_{10мин}$);
- зависимость тангенса угла диэлектрических потерь от частоты при измерении на низком напряжении и зависимость диэлектрических потерь от приложенного напряжения при подъеме последнего до 1,1 U;
- характеристики частичных разрядов, главным образом, динамика частичных разрядов при анализе всего потока импульсов на рабочем напряжении за длительный период времени (6…10 месяцев) [2].

Контроль магнитного потока. Установлено, что посредством анализа спектра магнитного потока можно идентифицировать асимметрию ротора, перекос валов, повреждения подшипников и междувитковые короткие замыкания. Обрыв стержней сопровождается появлением у основной гармоники боковых составляющих с двойной частотой скольжения - $2nsФ_c$. При перекосе валов наблюдаются незначительные изменения на всех компонентах спектра магнитного потока. При повреждении подшипников появляются несколько компонентов на интервале частот между 0,6 и 0,9 кГц при частоте сети 50 Гц [3].

Контроль токов статора асинхронных двигателей. В последнее время широко развиваются методы диагностики состояния асинхронных двигателей, основанные на выполнении мониторинга потребляемого тока с последующим выполнением специального спектрального анализа полученного сигнала. Это

позволяет с высокой степенью достоверности определять состояние различных элементов двигателя.

Физический принцип, положенный в основу этого метода, заключается в следующем. Любые возмущения в работе электрической и/или механической части электродвигателя и связанного с ним устройства приводят к изменениям магнитного потока в зазоре электрической машины и, следовательно, к слабой модуляции потребляемого электродвигателем тока. Наличие в спектре тока двигателя характерных частот определенной величины свидетельствует о наличии повреждений электрической и/или механической части электродвигателя и связанного с ним механического устройства. В качестве примера на рис. 1 и 2 приведены результаты спектрального анализа токов двух однотипных вентиляторных установок, которые находятся в эксплуатации одну неделю, и пять лет соответственно.

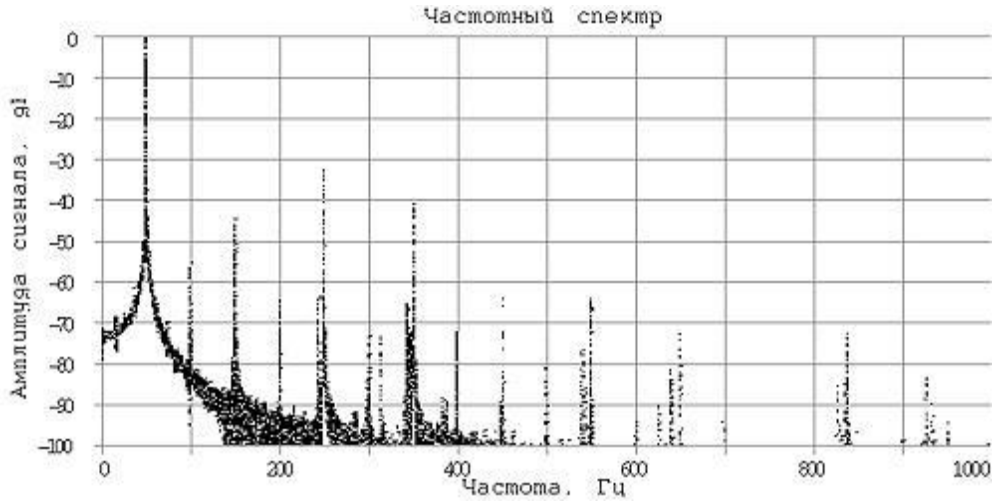


Рис. 1. Спектральный состав тока нового электродвигателя.

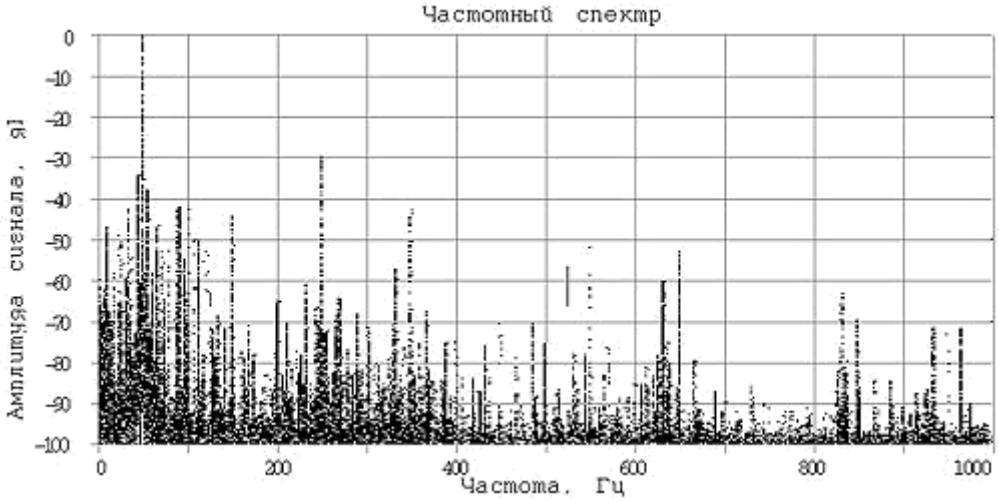


Рис. 2. Спектральный состав тока электродвигателя, находящегося в эксплуатации в течение пяти лет

Список литературы

1. Обзор методов контроля технического состояния асинхронных двигателей в процессе эксплуатации. Сидельников Л.Г., Афанасьев Д.О. Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. Том 12, номер 7, 2013г. С.127-137.

К РАСЧЕТУ МАГНИТНОГО ПОЛЯ АСИНХРОННОЙ МАШИНЫ ПРИ НАЛИЧИИ КОРОТКОЗАМКНУТЫХ ВИТКОВ В ОБМОТКЕ СТАТОРА

Сурков Д.В., канд. техн. наук., Падеев А.С., канд. техн. наук., доцент
Оренбургский государственный университет

Возникновение короткозамкнутых витков в обмотке статора – наряду с отказами подшипников одна из самых распространенных неисправностей асинхронных машин. Данный вид отказов составляет до 85 % [4].

Появление короткозамкнутых витков в обмотке статора приводит к следующим процессам:

- в поврежденной фазе остается меньше «рабочих» витков, следовательно, повышается магнитный поток через обмотку фазы, магнитное поле становится некруговым,
- повышенный поток фазы может привести к насыщению магнитной цепи и изменению гармонического состава фазных токов двигателя,
- в контуре короткозамкнутых витков появляется ток, магнитный поток которого сдвинут по фазе относительно основного потока фазы,
- ток короткозамкнутых витков приводит к повышенному нагреву близлежащих элементов машины.

Одним из способов расчета магнитного поля машины является метод удельной магнитной проводимости воздушного зазора [5].

При расчете магнитного поля в воздушном зазоре (ВЗ) электрических машин методом гармонических составляющих удельной магнитной проводимости необходимо получить выражения для магнитной проводимости ВЗ с учетом различных видов несимметрии обмотки статора и магнитной цепи.

Гармоники магнитного поля, возникающие при несимметрии обмотки статора, наводят ЭДС в обмотке статора или измерительных обмотках. По величине этой ЭДС возможно проводить диагностику несимметрии обмотки статора.

Проводимость воздушного зазора (ПВЗ) с учетом зубчатости статора и ротора определяется по формуле:

$$\sum \tilde{\lambda}_{\delta} = \Lambda_{e0} \times \left[1 + \sum_{k_{z1}=1}^{\infty} \sum_{n_{z1}=-\infty}^{\infty} \Lambda_{z1 k_{z1} n_{z1}} \cos\left(k_{z1} Z_1 + n_{z1}\right)\left(\varphi - \varphi_{\varepsilon}\right) \right] \times$$
$$\times \left[1 + \sum_{k_{z2}=1}^{\infty} \sum_{n_{z2}=-\infty}^{\infty} \Lambda_{z2 k_{z2} n_{z2}} \cos\left(\left(k_{z2} Z_2 + n_{z2}\right)\left(\varphi - \varphi_{\varepsilon}\right) + \frac{k_{z2} Z_2 (1-s)\omega t}{p} \right) \right], \quad (1)$$

где $\Lambda_{e0} = \dfrac{\mu_0}{\delta k_{\delta}}$ - постоянная составляющая ПВЗ;

$\Lambda_{z1k_{z1}n_{z1}}$, $\Lambda_{z2k_{z2}n_{z2}}$ - амплитуды гармоник ПВЗ, вызванных зубчатостью магнитопроводов и определяемых по выражениям, приведенным в [1];

s - скольжение ротора;

Z_1, Z_2 - число пазов статора и ротора;

ω - угловая частота питающего напряжения.

В данной формуле каждое слагаемое $\widetilde{\lambda}_\delta$ представляет собой гармоническую составляющую результирующей ПВЗ.

В общем случае магнитное поле в ВЗ представляет собой сумму рабочей (основной) гармоники поля с числом пар полюсов $\nu = p$, высших и низших гармоник, обусловленных зубчатым строением магнитопроводов статора и ротора, дискретностью расположения проводников обмоток, насыщением магнитной цепи двигателя, а также различными дефектами двигателя, в частности наличием короткозамкнутых витков в обмотке статора.

По методу удельной магнитной ПВЗ магнитное поле в ВЗ определяется выражением:

$$B_\delta(\varphi,t) = F(\varphi,t)\,\Lambda_\delta(\varphi,t), \tag{2}$$

где $F(\varphi,t)$ - МДС в ВЗ, равная сумме МДС обмотки статора (с учетом неисправностей) и обмотки ротора (поле реакции ротора);

$\Lambda_\delta(\varphi,t)$- удельная магнитная ПВЗ, с учетом влияния зубчатого строения магнитопроводов;

φ - угловая координата по окружности статора.

По [3] МДС статора описывается выражением:

$$\sum \widetilde{F}_{\delta s} = \frac{m_1\sqrt{2}}{\pi} w_1 I_1 \sum_{\nu=(1+6c)p} \frac{k_{\text{об}\nu}}{\nu\, k_{\mu\nu}} \cos(\omega t - \nu\varphi), \tag{3}$$

где ν – число пар полюсов (абсолютный порядок) гармоники МДС статора ($c = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \ldots = -\infty \ldots +\infty$).

Гармоника поля статора с числом пар полюсов ν создает в обмотке ротора систему токов и спектр гармоник МДС ротора, описываемый выражением [3]:

$$\sum \widetilde{F}_{\delta r} = \frac{Z_2}{\sqrt{2}\pi} I_{r\nu} \sum_{\substack{\nu_r = \nu + Z_2 c' \\ \nu_r \neq 0}} \frac{1}{\nu_r k_{\mu\nu_r}} \cos(\omega_{r\nu} t - \nu_r\varphi - \nu_r\varphi_{\nu r}), \tag{4}$$

амплитуда гармоники:

$$F_{\delta r \nu m} = \frac{Z_2}{\sqrt{2}\pi \nu_r k_{\mu \nu_r}} I_{r\nu}, \qquad (5)$$

где $I_{r\nu}$ – действующее значение тока в стержне обмотки ротора, вызванного (наведенного) ν-ой гармоникой поля в ВЗ;

$\omega_{r\nu}$ – круговая частота ν-ой гармоники МДС ротора относительно статора;

$\varphi_{\nu r}$ – фаза МДС обмотки ротора.

При $c'=0$ в (4) получаем гармонику МДС ротора, порядок которой определяется порядком вызвавшей ток $I_{r\nu}$ гармоники магнитного поля с числом пар полюсов $\nu_r = \nu$. Эта гармоника МДС является реакцией ротора на гармонику поля в ВЗ $B_{\delta\nu}$. При $c'=\pm1,\pm2,\pm3,...$ получаются «зубцовые» гармоники МДС обмотки ротора, вызванные током $I_{r\nu}$ и связанные с дискретным расположением обмотки.

Для моделирования короткозамкнутых витков обмотки статора необходимо в выражении (4) исключить МДС короткозамкнутых витков $\sum \widetilde{F}_{\delta s\ \text{кз}}$, обусловленную током фазы обмотки, и добавить МДС короткозамкнутых витков, обусловленную током, наведенным в них магнитным полем машины.

Рассмотренный метод расчета магнитного поля машины позволяет рассчитать гармонические составляющие магнитного поля в ВЗ машины при наличии несимметрии обмотки статора. Появление дополнительных гармонических составляющих или значительное изменение их параметров относительно исправной машины, дает возможность проведения диагностики короткозамкнутых витков в обмотке статора.

Список литературы

1. Никиян, Н.Г. Уточнение методики расчета тарировочных зависимостей для диагностики эксцентриситета ротора асинхронных двигателей / Н.Г. Никиян, Д.В. Сурков // Материалы Всероссийской научно-технической конференции «Энергосбережение, электрооборудование, электроника». – Оренбург: Оренбургский государственный университет, - 2005. – 120 с. с.57-60.

2. Сурков, Д.В. Методика расчета магнитного поля в воздушном зазоре асинхронного двигателя при статическом эксцентриситете ротора / Д.В. Сурков, Н.Г. Никиян // Труды всероссийской научно-технической конференции «Энергетика: состояние, проблемы, перспективы» – Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2007. – 554с. С.191.

3. Электрические машины [Текст]. Учебник для студентов высш. техн. учебн. заведений / А.И. Вольдек. - 3-е изд., перераб. - Л.: Энергия, 1978. - 832 с., ил.

4. Гольдберг, О. Д. Надежность электрических машин [Текст] : учеб. для вузов / О. Д. Гольдберг, С. П. Хелемская. - М. : Академия, 2010. - 288 с. - (Высшее профессиональное образование. Электротехника). - Прил.: с. 275-284. - Библиогр.: с. 285. - ISBN 978-5-7695-5739-2.

5. Никиян, Н. Г. Освоение и оценка методов электромагнитной диагностики эксцентриситета ротора асинхронных двигателей [Текст] / Н. Г. Никиян, Д. В. Сурков // Вестник Оренбургского государственного университета. - 2005. - N 2. - С. 163-166. - Библиогр.: 6 назв.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ НЕПРЕРЫВНОЙ ПОДГОТОВКИ ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ ДЛЯ «СТУДЕНТОВ-УСКОРЕННИКОВ»

Ушакова Н.Ю., канд. техн. наук, доцент
Оренбургский государственный университет

Современная энергетика, характеризующаяся повсеместным внедрением сложного высокотехнологичного оборудования, цифровых технологий, требует наличия квалифицированных кадров, умеющих осуществлять проектирование, монтаж, наладку и эксплуатацию такого оборудования. Специалисты, работающие на современных энергетических объектах, должны обладать не только практическими, но и достаточно глубокими теоретическими знаниями. Система же среднего профессионального образования, готовящая квалифицированных рабочих, специалистов среднего звена, как правило, нацелена в первую очередь на практическую подготовку. В связи с этим значительная часть выпускников техникумов и колледжей продолжает образование по полученной специальности в учреждениях высшего образования, выбирая при этом преимущественно заочную форму обучения.

По направлению подготовки бакалавров «Электротехника и электроэнергетика», реализующемуся на электроэнергетическом факультете, на заочную форму обучения в 2017 году были набраны две полноценные группы выпускников учреждений среднего профессионального образования. Среди них - выпускники техникумов и колледжей Оренбургской области, Республики Башкортостан, Казахстана. Закон об образовании позволяет таким студентам осваивать программу высшего образования по индивидуальному плану, ускоренно. Поэтому с учетом полученного ранее среднего профессионального образования срок обучения для таких студентов составляет 3, 5 года.

Основная образовательная программа (ООП), разработанная для студентов-ускоренников, не должна представлять из себя механически усеченный вариант ООП для полного срока обучения. Содержание каждой дисциплины, входящей в ООП, должно учитывать знания, полученные студентами по аналогичной дисциплине в колледже. По сути, рабочая программа такой дисциплины должна представлять собой программу непрерывной подготовки. Под эту программу должно быть разработано и соответствующее учебно-методическое обеспечение.

Рассмотрим возможность разработки такой программы на примере дисциплины «Теоретические основы электротехники», являющейся базой для всех специальных дисциплин профиля «Электроснабжения» по направлению подготовки бакалавров 13.03.02. Аналогичной дисциплиной СПО по специальности СПО 13.02.07 «Электроснабжение», формирующей теоретические знания по электротехнике, является дисциплина «Электротехника и электроника».

Для этого целесообразно сравнить формируемые компетенции, содержание данных дисциплин, минимальные требования к результатам их освоения на основе ФГОС СПО и ВО.

Оказалось, что такое сравнение провести достаточно сложно. Это связано с рамочным характером используемых ФГОС и относительной свободой образовательных организаций в формировании ООП.

Если проследить эволюцию образовательных стандартов СПО и ВО с 2000 г., то можно отметить следующее:

1) Дисциплинарный подход, который бы позволил объективно сравнить содержание дисциплин, применялся только в ГОС 2 . Там определялся и рекомендуемый перечень дисциплин, и перечень дидактических единиц по дисциплине, то есть ее содержание.
2) Во ФГОС 3 были перечислены только базовые дисциплины. Содержание дисциплин уже не было подробно прописано, а определялось через знания, умения, навыки.

   Перечень дидактических единиц присутствовал в примерных образовательных программах, которые носили рекомендательный характер.
3) ФГОС 3+, которые сейчас реализуются и в ВО и в СПО, носят еще более рамочный характер. От информационно-знаниевой модели образования в этих стандартах был осуществлен переход к компетентостной модели. В них нет ни рекомендуемого перечня дисциплин, ни их содержания. Приведен лишь перечень компетенций, которые должны сформироваться у обучающегося в результате освоения ООП. Справедливости ради нужно отметить, что во ФГОС СПО, помимо компетенций, все-таки приведены наименования модулей и дисциплин, а также сформулированы знания и умения. Примерные ООП, которые должны были сопровождать внедрение ФГОС 3+, в связи с реформированием УМО разработаны не были.
4) Новое поколение стандартов ФГОС ВО3++ и ФГОС СПО по ТОП-50, которые сейчас активно утверждаются Минобрнауки России, дает еще более широкие функции учебным заведениям в формировании ООП, с учетом требований профстандартов, которые ориентированы на конкретные виды деятельности.

Все это приводит к тому, что, анализируя только ФГОС, практически невозможно определить, какие же разделы электротехники должны обязательно изучаться в колледже. Например, в действующем ФГОС ВО 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» дисциплина ТОЭ формирует общепрофессиональную компетенцию ОПК-3 «Способность использовать методы анализа и моделирования электрических цепей», а также готовит базу для формирования многих профессиональных компетенций. В действующем же ФГОС СПО по специальности 13.02.07 «Электроснабжение» к дисциплине «Электротехника и электроника» привязаны все 22 компетенции (9 общих и 13 профессиональных), которые подразумевают, что для их формирования требуются знания именно из этой дисциплины. Из умений и знаний, которые

в этой дисциплине прописаны применительно к разделу «Электротехника», наиболее значимыми являются:

уметь - рассчитывать параметры электрических, магнитных цепей; снимать показания и пользоваться электроизмерительными приборами и приспособлениями; собирать электрические схемы;

знать - методы расчета и измерения основных параметров электрических, магнитных цепей; основные законы электротехники; характеристики и параметры электрических и магнитных полей.

При отсутствии единой примерной программы дисциплины, разработанной УМО, рабочие программы по дисциплине «Электротехника и электроника» для специальности «Электроснабжение» различных колледжей отличаются. В основном, студентам даются теоретические сведения почти по всем основным разделам электротехники. Однако методы расчета даются в основном для простых цепей, математический аппарат используется в упрощенном виде. Все это нужно учесть при определении содержания курса ТОЭ для студентов-ускоренников, в том числе:

- раздел «Электрические цепи постоянного тока» целесообразно давать обзорно, более подробно нужно рассмотреть применение методов контурных токов, узловых потенциалов, эквивалентных преобразований активных ветвей; - в электрических цепях переменного тока основное внимание необходимо уделить символическому методу расчета синусоидального тока, построению векторных и топографических диаграмм, резонансам в сложных цепях, алгоритму расчета цепей с несинусоидальными источниками, аварийным режимам трехфазных цепей, методу симметричных составляющих, классическому и операторному методу расчета переходных процессов, и.т.д.

С учетом того, что в колледже студенты выполняли типовые домашние задания по основным темам, к типовой контрольной работе по ТОЭ и курсовому проекту целесообразно разработать комплексные задания, позволяющие повторить изученные ранее основные законы электротехники и методы расчета электрических цепей, но применительно к новым объектам. Например, в контрольной работе вместо отдельных задач по постоянному и синусоидальному току дать задачу анализа разными методами одной, но сложной схемы синусоидального тока. В курсовой работе дать расчет не отдельных трехфазных схем /1/, а схемы с несколькими параллельно включенными нагрузками, сравнить рассчитанный один и тот же аварийный режим традиционным методом и методом симметричных составляющих.

Пересмотра потребует и содержание лабораторных работ. В них необходимо усилить исследовательскую составляющую. Например, не просто проверить в схеме выполнение законов Кирхгофа, а посмотреть зависимость токов от параметров цепи, не просто исследовать обрыв фазы в трехфазной цепи, а посмотреть, как зависит напряжение в месте обрыва от характера нагрузки.

Необходимо отметить, что сейчас нет учебников, учебных пособий по ТОЭ, сопрягающих программы подготовки СПО и ВО. Поэтому разработка

такого учебно-методического обеспечения является достаточно актуальной, повышающей мотивацию студентов-ускоренников к изучению дисциплины и освоению новых компетенций.

Список литературы

1. *Ушакова, Н. Ю. Анализ линейных электрических цепей в стационарных и переходных режимах [Текст] : учебное пособие / Н. Ю. Ушакова, Л. В. Быковская. - М. : ООО "ТиРу", 2012. - 134 с. - ISBN 978-5-93883-212-1.*

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОСВЕЩЕНИИ

Фролова Е.В.
Бузулукский гуманитарно-технологический институт (филиал) ОГУ

В настоящее время все большее внимание уделяется проблемам систем освещения. Существуют несколько способов решения вопроса энергосбережения в системах освещения:

- непосредственная замена устаревших модификаций ламп на энергосберегающие;
- рациональное размещение осветительных установок;
- оптимизация режимов работы осветительных установок;
- разработка и установка простейших систем управления освещением (датчики движения, присутствия, реле времени и т.д.);
- разработка интеллектуальных систем управления освещением при совместном использовании искусственного и естественного освещения.

Вопрос энергосбережения у потребителя очень сложен и многогранен. Это связано с тем, что есть очень большое способов использования электрической энергии в бытовых приборах и в производственных целях, начиная с освещения и отопления помещений, заканчивая преобразование электрической энергии в другие виды для бытовых и производственных нужд.

У любого потребителя нужно на первоначальном этапе выделить основные группы потребителей электрической энергии. Затем в выделенных группах определить электроприёмники с наибольшим потреблением электрической энергии. После этого рассматриваются варианты замены данных электроприёмников на более экономичные. При этом условия их использования не должны измениться, то есть уровень освещённости, температура в помещении и другие технические характеристики их использования должны сохраниться.

Среди направлений энергосбережения у потребителей электрической энергии можно выделить:

- использование для питания компрессоров наружного холодного воздуха;
- использование на объектах с переменной нагрузкой (системы вентиляции, насосные станции и т.д.) системы частотного регулирования в приводах электродвигателей;
- применение местного и естественного освещения;
- замена на энергосберегающие традиционные лампы накаливания;
- выравнивание фазных нагрузок и напряжений;
- применение местного и естественного освещения;
- оснащение инфракрасными датчиками движения и присутствия;

- использование инфракрасных источников тепловой энергии, вместо маслонаполненных радиаторов.

Рассмотрим практическое применение энергосбережения на примере замены на энергосберегающие традиционных лампы накаливания. В большинстве случаев для потребителя необходимо и достаточно посчитать сумму экономического эффекта, получаемую им за год.

Целесообразность замены ламп будет определяться величиной экономического эффекта от замены таких ламп, определяющими факторами, при расчете которого будут: мощность ламп, срок их службы и стоимость одной лампы. Экономический эффект от замены рассчитывается по формуле:

$$Э = \frac{Т_М \times N_0}{\beta_0 \times R_0} \times Ц_0 - \frac{Т_М \times N_1}{\beta_1 \times R_1} \times Ц_1 + (P_0 \times N_0 \times T_M - P_1 \times N_1 \times T_M) \times Z,$$

где $$Z = \frac{\alpha}{Т_М} + \beta$$

с индексом «0» – данные светильников с лампами накаливания,
с индексом «1» - данные светильников с энергосберегающими лампами.

Рассчитаем экономический эффект от замены ламп накаливания энергосберегающими лампами в обычной трехкомнатной квартире. Обозначение показателей, единицы измерения и наименование показателей приведены в таблице 1. Обоснование количества светильников и анализируемого количества часов приведены в таблице 2.

Таблица 1 – Исходные данные системы освещения и осветительных приборов

№ п/п	Показатель	Условные обозначения	Единицы измерения	Значение
1	Количество светильников	N	шт.	14
2	Мощность ламп накаливания	P_0	Вт	100
3	Мощность энергосберегающей лампы	P_1	Вт	20
4	Ресурс лампы накаливания	R_0	час	1000
5	Ресурс энергосберегающей лампы	R_1	тыс. часов	10 000
6	Цена лампы накаливания	$Ц_0$	руб.	12
7	Цена энергосберегающей лампы	$Ц_1$	руб.	125
8	Стоимость утилизации энергосберегающей лампы	$С_у$	руб.	30
9	Вероятность выработки ресурса лампы накаливания	β_0	у.е.	0,92
10	Вероятность выработки	β_1	о.е.	0,95

	ресурса энергосберегающей лампы			
11	Основная ставка тарифа на электрическую энергию	α	тыс.руб./кВт·год	16,85
12	Дополнительная ставка тарифа на электрическую энергию	β	руб./кВт·час	2,22
13	Анализируемый период	$T_а$	час	8760
14	Время использования максимальной мощности	$T_м$	час	5100

Таблица 2 – Обоснование количества светильников и периода времени их работы

Вид помещения	Кол-во ламп	Кол-во часов работы в день	Кол-во дней в году	**Итого часов в год:**
Кухня	2	8	365	
Коридор	1	2		
Санузел	1	2		
Жилая комната 1	3	6		
Жилая комната 2	2	6		
Гостиная	5	8		
Итого:	**14**	**Среднее значение – 5,3 часа**	**365**	**1946**

* в среднем, с учетом выходных и праздничных дней и продолжительности темного времени суток

С учетом исходных данных экономия составит:

$$Э = 5100 \times 17/(0{,}92 \times 1000) \times 12 - (5100 \times 14)/$$
$$(0{,}92 \times 10000) \times 125(14 \times 100 \times 5100 - 14 \times 20 \times 5100) \div 0{,}007 = 31610{,}5\,руб.$$

Таким образом, экономия от простой замены ламп накаливания на энергосберегающие в быту составит за год порядка 31 тысячи рублей, что является значительной суммой. В промышленности, с учетом количества ламп и их круглосуточного использования, экономический эффект возрастет в значительное число раз.

Список литературы

1. *Данилов, Н.И. Основы энергосбережения: учебник / Н.И. Данилов,Я.М. Щелоков; под ред. Н.И. Данилова. - Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ,2010. - 564 с.*

2. *Самарин, О. Д. Сравнительная эффективность энергосберегающих мероприятий // Материалы 6-го Московского Международного Форума«Heat&Vent2004». - с. 21-25.*

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ РАСЧЁТА И ПОСТРОЕНИЯ 3D МОДЕЛИ ТРЁХФАЗНЫХ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Гирфанов И.И., Циклер А.В, Безгин А.С., ассистент, канд.тех. наук
Оренбургский государственный университет

В настоящее время имеется большое разнообразие CAD программ в которых пользователи могут при наличии всех размеров создавать 3D модели электрических машин. При конструировании электрооборудования, зачастую, проектировщику достаточно упрощенной модели электродвигателя а не детализированной модели. Программы которые могли бы создавать 3D модели электрические машины по расчитным данным (из электромеханического расчета) очень мало. Одна из таких программ это СПРУТ-АЭД, позволяющяя спроектировать различные серии асинхронных двигателей. Однако данная программа являеться достаточно дорогой и недоступной для учащихся университета. Поэтому было решено разработать программное решение, которая согласно ГОСТ 18709-73 автоматически генерировала 3D модели асинхронных электродвигателей из данных таблиц производителей (таблица 1).

В современных САПР системах изначально создается цифровой прототип будущей модели предстовляющий 3D модель с данными физических и механических свойствах. При создании любого электрооборудования зачастую приходиться нескольк раз менять мощность и типы размеров двигателя. Данная программа упростит решения данной задачи, для этого нужно всего лишь изменить параметры в таблице Excel или взять уже готовые.

Программа использует ресурсы Autodesk Inventor версии 2015 и выше и Microsoft Excel.

Autodesk Inventor – система трёхмерного твердотельного и поверхностного параметрического проектирования (САПР) компании Autodesk, предназначенная для создания цифровых прототипов промышленных изделий. Инструменты Inventor обеспечивают полный цикл проектирования и создания конструкторской документации.

Для создания данного двигателя в первую очередь с сайта производителя [1], были выбраны стандартные значения типоразмеров из таблицы, двигателя исполнением IMB3(электродвигатели на лапах рисунок 1).

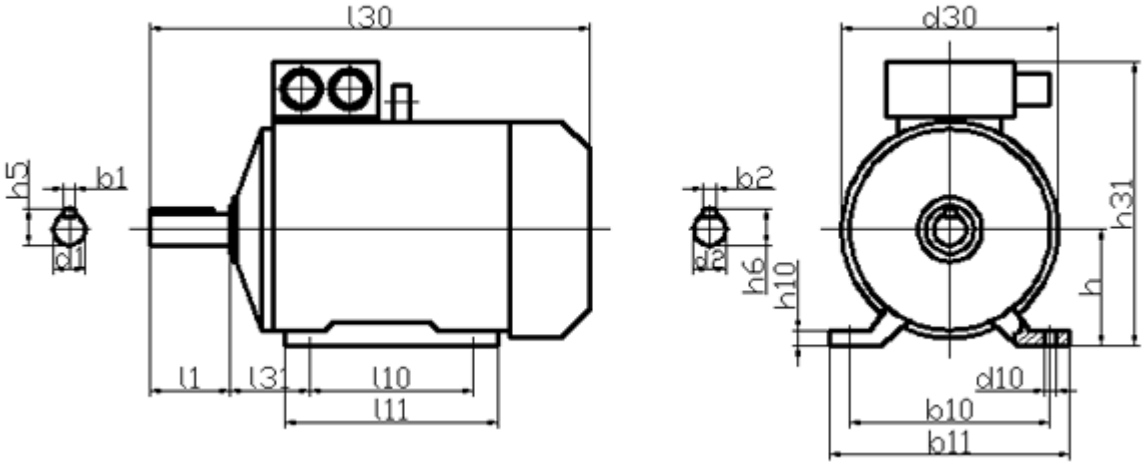


Рисунок 1 - Габаритные размеры двигателя.

Для создания 3D модели электродвигателя была созданна таблица Excel (рисунок 2), в которую были внесены все габаритные размеры, представленные на чертеже рисунка 1 и таблицы рисунка 2.

В программе Autodesk Inventor создаем макет параметрической детали. В первом эскизе шаблона двигателя (рисунок 3), прорисовыываем базу электродвигателя с использование размеров АИР 56 в виде функциональных зависимостей.

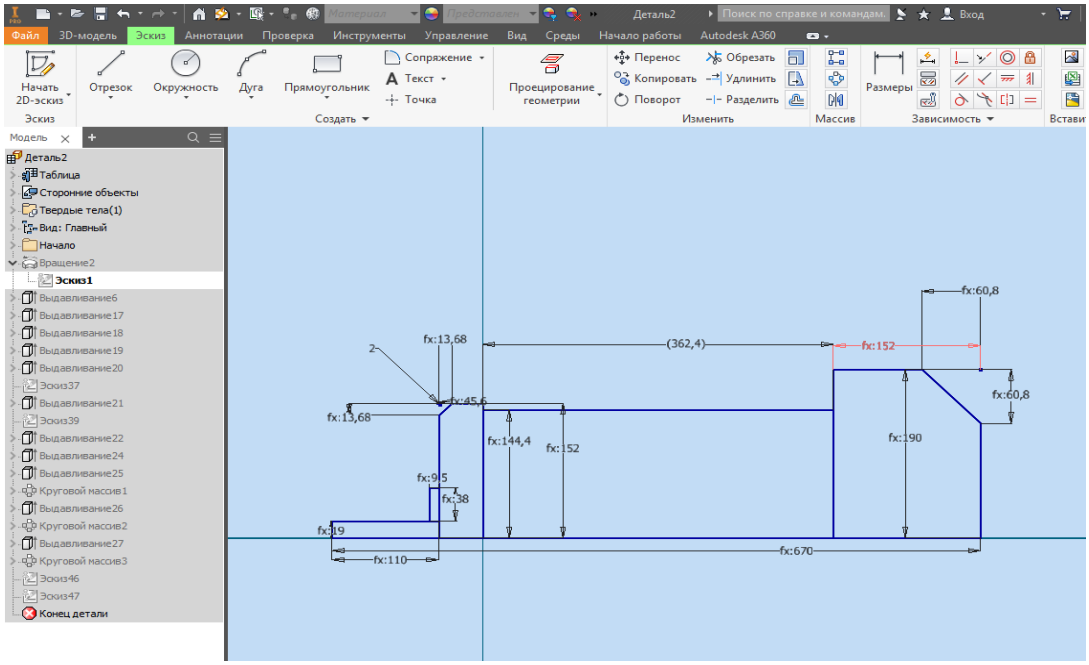


Рисунок 2 - Эскиз базы двигателя

Размерные зависимости прописываются в виде выражений в специальном окне Autodesk Inventor во вкладке «Параметры». Причем каждые зависимости должны опираться на реальные числовые значения (рисунок 3).

Параметры

Имя параметра	Используется	Единица	Формула	Номин. знач	Доп.	Значение в	Клю	Примечание
Параметры модели								
d0	Эскиз1	мм	l30	670,000000		670,000000		
d1	Эскиз1	мм	l1	110,000000		110,000000		
d2	d61, Эскиз1	мм	d5 * 0,3 бр	45,600000		45,600000		
d3	d58, Эскиз1	мм	d5	152,000000		152,000000		
d5	d66, d67, d7, d6, d, d...	мм	c_h * 0,95 бр	152,000000		152,000000		
d6	Эскиз1	мм	d5 * 0,95 бр	144,400000		144,400000		
d7	Эскиз1	мм	d5 * 1,25 бр	190,000000		190,000000		
d8	d63, d64, Эскиз1	мм	c_d1 / 2 бр	19,000000		19,000000		
d58	d59, Эскиз1	мм	d3 / 2,5 бр	60,800000		60,800000		
d59	Эскиз1	мм	d58	60,800000		60,800000		
d60	Эскиз1	мм	2,000 мм	2,000000		2,000000		
d61	d62, Эскиз1	мм	d2 * 0,3 бр	13,680000		13,680000		
d62	Эскиз1	мм	d61	13,680000		13,680000		
d63	Эскиз1	мм	d8 / 2 бр	9,500000		9,500000		
d64	Эскиз1	мм	d8 * 2 бр	38,000000		38,000000		
d66	Эскиз9	мм	d5 * 0,55 бр	83,600000		83,600000		
d67	Эскиз9	мм	d5 * 3 бр	456,000000		456,000000		
d69	Выдавливание6	град	0,0 град	0,000000		0,000000		
d157	d167, Эскиз31	мм	c_h * 0,78 бр	124,800000		124,800000		
d159	Эскиз31	мм	c_h * 0,16 бр	25,600000		25,600000		
d160	Выдавливание17	мм	d4	362,400000		362,400000		
d161	Выдавливание17	град	0,0 град	0,000000		0,000000		
d162	d163, Эскиз32	мм	l10 - c_d10 * 4 бр	118,000000		118,000000		
d163	Эскиз32	мм	d162	118,000000		118,000000		
d164	d165, Эскиз32	мм	l31 + c_d10 * 2 бр	138,000000		138,000000		
d165	Эскиз32	мм	d164	138,000000		138,000000		
d167	Выдавливание18	мм	c_h - d157 - d175	23,680000		23,680000		
d168	Выдавливание18	град	0,0 град	0,000000		0,000000		
d169	Эскиз33	мм	c_h * 0,7 бр	112,000000		112,000000		
d175	d193, d167, Выдавлив...	мм	c_h * 0,072 бр	11,520000		11,520000		
d176	Выдавливание19	град	0,0 град	0,000000		0,000000		
d177	Эскиз34	мм	l31	108,000000		108,000000		
d185	Эскиз34	бр	2 бр	2,000000		2,000000		
d187	Эскиз34	мм	l10	178,000000		178,000000		
d188	Эскиз34	бр	2 бр	2,000000		2,000000		
d190	Эскиз34	мм	b10	254,000000		254,000000		
d193	Выдавливание20	мм	d175	11,520000		11,520000		

Добавить числовой параметр | Обновить | Удалить неиспользуемые элементы | Вид допуска для модели | << Меньше

Связь | Немедленное обновление | Готово

Рисунок 3 - Autodesk Inventor вкладка «Параметры»

В этом окне связываем исходные данные используемые в формулах с данными из таблицы Microsoft Excel. Получаем шаблон 3D модели электродвигателя.

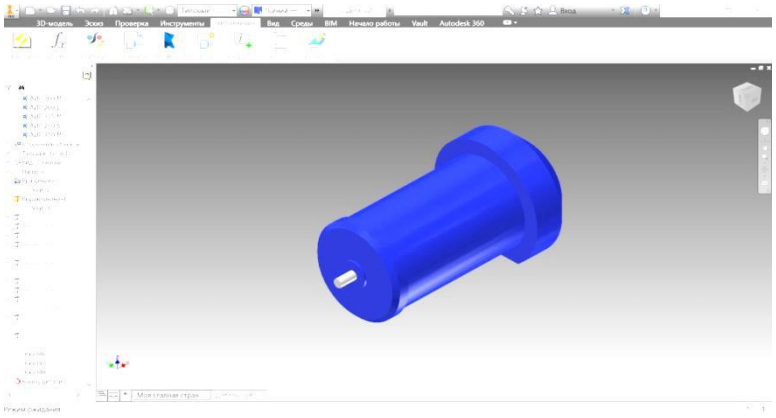


Рисунок 4 - База двигателя.

Для автоматического изменения размеров двигателя в зависемости от его типаразмеров используеться механизм перерасчета параметров (см. рисунок 2) по выражениям зависищим от габаритных размеров. Например, расстояние между лапками задается размером b10, но программа все свои переменные обозначает через dn, где n - номер размера. Размеры которые имеют букву без цифры или буквы d, b в таблицах Excel обозначаються через c_n, где n – необходимый размер. Например: c_h (h – высота оси вращения, c_d10(d10 растояние между отверстиями лапок) и т.д.

Формулы для расчетов размеров заносяться во вкладку «Параметры». в Autodesk Inventor .Все обозначения размеров в формулах соответствуют ГОСТ 18709-73 [2].

$$d5=c_h \cdot 0{,}95.$$

Таким образом при изменение параметра c_h- высоты оси вращения, будут изменяться и размер d5, также возможно запрограммировать и остальные размеры, как это представленно на рисунке 4.

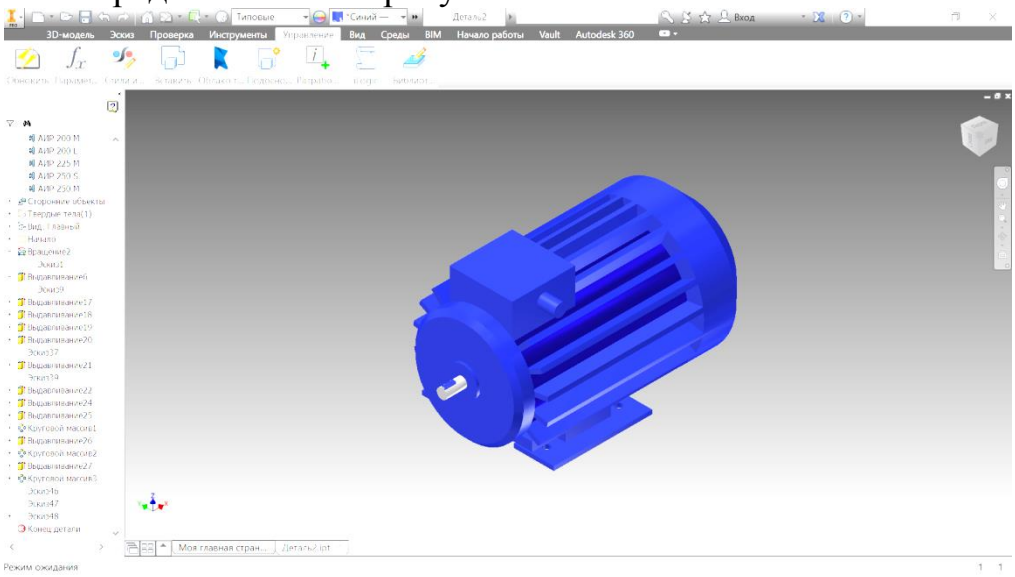


Рисунок 6 - Готовый двигатель.

Следующим шагом создаються параметрические модели, типоразмеры которых находяться в прилагаемом файле Excel из таблицы 1. Вид готового двигателя показан на рисунке 6.

Список литературы

1. *http://electronpo.ru/production*

2. *Копылов, И.П. Проектирование электрических машин [Текст]: Учеб. пособие для вузов / И.П.Копылов, Б.К.Клоков, В.П Морозкин, Б.Ф.*

Токарев; Под ред. И.П.Копылова. – 3-е изд., испр. и доп. – М.:Высш. шк., 2002. – 757 с.

3. Кацман, М.М. Электрические машины [Текст]: Учеб. для студ. образоват. учреждений сред. проф. образования / М.М. Кацман. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский центр "Академия", 2003. – 496 с.

АВТОМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НАРУЖНЫМ ОСВЕЩЕНИЕМ ТЕРРИТОРИИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Шлейников В.Б.,канд. техн. наук, доцент,
Исхаков Т.М.
Оренбургский государственный университет

Актуальной проблемой экономии электроэнергии на предприятии является модернизация систем освещения с применением современного оборудования.

Освещение территории предприятия можно разделить на три категории. Это освещение коммуникаций, освещение прилегающих зон и охранное освещение. Основными объектами наружного освещения на территории промышленного предприятия являются:

1. Участки автомобильных дорог, пешеходные тротуары, подъезды к зданиям, погрузочно-разгрузочные зоны, стоянки, открытые площадки;
2. Железнодорожные пути;
3. Открытые рабочие площадки;
4. Подъезды к трансформаторным подстанциям;
5. Охранные зоны территории предприятия (освещения периметра забора).

Важным моментом будет выбор светильников и источников света, поскольку от этого будет зависеть расход электроэнергии, комплектующих материалов, затраты на обслуживание и утилизацию. Светотехническое оборудование для освещения предприятий должно быть экономичным, надежным и безопасным. В этой связи наилучшим выбором будут светодиодные светильники. Но светодиодные светильники также будут потреблять определенное количество электроэнергии, чтобы снизить такие затраты и продлить срок службы светильников необходимо вводить автоматические системы управления наружным освещением (АСУНО).

Самым простейшим и недорогим устройством АСУНО является фотореле. Принцип работы фотореле для уличного освещения основывается на действии фотодатчика, контролирующего уровень света. Такой датчик бывает выносным, то есть расположенным вне корпуса, и встроенным, монтированным в электрический щиток. Для выносных фотореле существуют обязательные условия эксплуатации, которые предусматривают наличие прочного герметичного корпуса, имеющего повышенные показатели уровня защищённости от неблагоприятных факторов окружающей среды. Фотореле оснащается, в обязательном порядке, потенциометром, предназначенным для безошибочного определения порога функции выключения и включения. Также каждое подобное устройство имеет встроенную защиту от ложных срабатываний, вызванных помехами различного уровня. Качественное сертифицированное оборудование срабатывает только в строго определённые моменты, заранее заданные мастером при установке. Также фотореле имеет

довольно простую схему подключения. Его можно использовать для освещения охранной зоны (периметра) предприятия, автомобильные и железные дороги, тротуары, стоянки, открытые площади. Так как освещение таких мест необходимо только в темное время суток.

Для освещения подъездов к зданиям, погрузочно-разгрузочных зон, подъездов к трансформаторным подстанциям, прилегающих территорий можно также использовать фотореле. Но даже в самое темное время суток не всегда должно быть постоянное освещение этих участков. Поэтому для снижения потребления электроэнергии в пару с фотореле можно подключить датчик движения.

Предложенные варианты модернизации систем освещения уже давно всем известны и в практике применяются практически на всех предприятиях. Они действительно помогают сэкономить затраты на потребление электроэнергии в среднем на 15-20%. Уже сегодня существуют более современные АСУНО, они гораздо эффективнее и снижают затраты на 30-40%. Одной из таких систем является система «Гелиос».Уже сегодня система присутствует в 20 субъектах РФ.

Внедрение АСУНО «Гелиос» позволит:

1 рационально использовать электроэнергию;
2 соблюдать все действующие СНиПы по наружному освещению;
3 гибко управлять режимами освещённости;
4 группировать и зонировать объекты по уровню освещенности;
5 повысить уровень оперативно-диспетчерского контроля;
6 дистанционно контролировать сети наружного освещения;
7 планировать потребление электроэнергии;
8 снизить затраты на энергопотребление до 40%.

Система «Гелиос» предполагает свою работу по трем основным решениям.

1. **Управление фазами.**

Решение, позволяющее управлять сетями наружного освещения пофазно. Система дает возможность задавать различные графики переключения для каждой фазы, включение фонарей осуществляется на 100%. Существует возможность включения по графику, либо с привязкой к солнечному календарю.

Особенности решения:

- возможность управления объектами по расписанию или по команде диспетчера;
- возможность планирования включения освещения согласно утвержденному графику, либо с привязкой к солнечному календарю;
- автоматический контроль и диагностика шкафов управления (антивандальный датчик, пожарный датчик);
- эффективный учет энергопотребления (получения данных с измерительных приборов);

- оперативное оповещение персонала об аварийных и иных событиях;
- увеличение срока службы оборудования;
- сокращение энергопотребления до 30%.

2. **Управление светильниками.**

Решение, позволяющее использовать адресное управление каждым светильником с возможностью объединения их в группы, а так же с использованием функции диммирования. Регулирование уровня освещенности целой линии осуществляется через регулирование каждого светильника индивидуально.

Особенности решения:

- полное адресное управление режимами включения/отключения каждого светильника;
- гибкое изменение режимов работы каждого светильника;
- планируемое потребление электроэнергии;
- определение аварий (выход из строя лампы);
- адресное диагностирование состояния ламп, избирательное отключение отдельных территорий освещения с диспетчерского пункта;
- управление мощностью работы ламп (димми рование);
- прогнозирование будущих затрат;
- интеграция со сторонними системами;
- сокращение энергопотребления до 40%.

3. **Диммирование линий**

Решение, позволяющее использовать гибкое изменение режимов мощности освещения (диммирование). Благодаря функции диммирования существенно увеличивается срок службы ламп и улучшается качество освещения.

Особенности решения:

- управление мощностью линии освещения;
- увеличение срока службы ламп;
- определение аварий (обрыва линии, выхода из строя лампы);
- прогнозирование будущих затрат на электроэнергию;
- сокращение энергопотребления до 40%.

На сегодняшний день на крупных предприятиях существует проблема неэффективного расхода электроэнергии, а так же устаревшего оборудования - крупные предприятия тратят на освещение миллионы. Грамотная реконструкция зачастую позволяет уменьшить эти суммы вдвое, а то и втрое, и при этом добиться увеличения освещенности рабочих мест до уровня, требуемого нормами охраны труда. Такое положение дел заставляет крупные предприятия искать новые способы экономии электроэнергии с целью повышения экономической эффективности производства. Решение этого вопроса в условиях высоких тарифов не терпит отлагательств, поскольку энергетическая составляющая себестоимости любой продукции достаточно

велика. Внедрение более современных систем АСУНО несет за собой гораздо больше затрат, чем использование традиционных систем автоматизации, но и позволяет в разы снизить затраты на потребление электроэнергии.

Список литературы

1. *СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение».*
2. *Автоматизированные системы управления наружным освещением. Опыт Москвы. Журнал «ЭНЕРГОСОВЕТ» № 2 (15) за 2011 г. http://www.energosovet.ru/bul_stat.php?idd=154*
3. *Автоматизированные системы управления освещением - это сегодня наиболее перспективный инструмент энергосбережения». Журнал «ЭНЕРГОСВЕТ» № 2 (15) за 2011 г. Режим доступа: http://www.energosovet.ru/bul_stat.php?idd=153 (дата обращения 15.12.2017)*
4. *Автоматизированная система управления наружным освещением на примере архитектурного и тоннельного освещения. Журнал «ЭНЕРГОСОВЕТ» № 1 (6) за 2010 г. Режим доступа: http://www.energosovet.ru/bul_stat.php?idd=42 (дата обращения 20.12.2016).*
5. *Системы автоматического управления наружным освещением. Режим доступа: http://www.energosovet.ru/entech.php?idd=108 (дата обращения 10.12.2016).*
6. *АСУНО Энтелс. Режим доступа: http://www.entels.ru/13-typ-resh/41-asuno-entek.html (дата обращения 20.12.2017).*

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ СИСТЕМАМИ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ

Щеников А. Г.
Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ОГУ

Успешность решения проблем выхода из глобального кризиса и устойчивого после кризисного развития экономики нашей страны во многом определяется тем, насколько электроэнергетическая отрасль России сможет удовлетворить текущие и перспективные потребности в энергоресурсах и сопутствующих услугах [1].

Суммарное производство электроэнергии при высоких темпах развития экономики может возрасти по сравнению с 2000 г. более, чем в два раза к 2020 г. (до 2000 млрд. кВт•ч).

Структура электроэнергетической системы нашей страны в настоящий момент требует единого подхода в новых принципах построения энергосистем.

Новый подход к построению современных энергосистем базируется на:

- возможности использования всех видов генерации, развитии нетрадиционных и возобновляемых источников энергии;
- возможности определения потребителем безопасности, надежности и качества энергоснабжения;
- скоординированном гибком и оптимальном развитии, надежном и экономичном функционировании и техническом обслуживании.

Ядро энергосистемы - электрические сети должны быть:

- гибкими выполнять потребности потребителей, прогнозируя и реагируя на возможные изменения и проблемы.

-доступными: обеспечение возможности подключения для всех пользователей сети (генераторов и потребителей), с приоритетом возобновляемых источников энергии и источников, наиболее эффективно использующих углеводородные ресурсы.

-надежными: гарантирование и улучшение безопасности и качества электроснабжения.

-экономичными: обеспечение меньшей стоимости передачи электроэнергии за счет использования новых технологий, эффективное управление сетями. [1]

Для решения существующих проблем необходим итоговый выход российской электроэнергетики на новое качество управления путем формирования целостной многоуровневой системы управления с увеличением объемов автоматизации и повышением критической надежности всей системы, включая самые слабые и уязвимые звенья. В итоге должен состояться переход к интеллектуальной энергетической системе России с активно-адаптивной сетью (ИЭС ААС).

ИЭС ААС содержит любые генерирующие источники, нетрадиционные и возобновляемые (НиВИЭ), которые подключаются к потребителям

посредством активно-адаптивной сети: линий электропередачи всех классов напряжения, активных устройств электромагнитного преобразования электроэнергии, коммутационных аппаратов, устройств защиты и автоматики, информационно-технологических и адаптивных управляющих систем, обеспечивая:

- адаптивную реакцию в реальном масштабе времени на различные виды возмущений и отклонений от заданных параметров в нормальных и аварийных режимах как собственно в сети, так и на объектах, подключенных к сети (генераторах и потребителях);
- выдачу необходимых управляющих воздействий по результатам обработки информации, поступающей от информационно-измерительной системы ИЭС ААС;
- надежную и экономичную параллельную работу всех объектов, формирующих электроэнергетическую систему.

Реализация концепции развития интеллектуальной электроэнергетической системы России с активно-адаптивной сетью обеспечит следующие аспекты эффективности.

Аспекты эффективности при построении ИЭС ААС:

- управление спросом и снижение потерь с ликвидацией коммерческих потерь снизят общее электропотребление как минимум на 5%;
- активно-адаптивное регулирование режимов электропотребления уменьшат приросты максимумов электрической нагрузки и снижение потребность в резервах мощности, т.е. снижая требуемую вводимую мощность электростанций;
- существенное повышение пропускной способности линий электропередачи и сечений, уменьшая потребность в капитальных вложениях в строительство сетей;
- увеличение надежности электроснабжения за счет превентивного и адаптивного управления ЭС ААС и ее элементами кратно сократит ущербы от системных аварий и перерывов электроснабжения потребителей;
- снижение площади землеотводов под электросетевые коммуникации. [1]

Создание энергосистемы с активно-адаптивной сетью является качественно новым техническим уровнем развития отечественной энергетики и создает положительный мультипликативный эффект для промышленности и других сфер деятельности в России, повышение возможностей экспорта новых технологий:

- развитие новых инновационных технологий (освоение массового производства принципиально новых устройств и материалов: оптических трансформаторов, оборудования на основе высокотемпературной сверхпроводимости, силовая электроника и т.п.);
- разработка новых актуальных направлений по НИОКР, фундаментальным исследованиям, научно-исследовательским работам;

- развитие промышленности страны и смежных отраслей, обеспечивающих разработку и внедрению новых технических устройств с качественно новыми характеристиками;
- создание отечественной производственной базы, снижение доли импортного оборудования;
- повышение эффективности использования энергоресурсов, снижение энергоемкости отечественной промышленности, с применением опыта ведущих мировых стран;
- востребованность и развитие отечественного научного потенциала, подготовка и профессиональная поддержка квалифицированных кадров;
- развитие альтернативных источников электроэнергии и малой генерации;
- снижение, за счет экономии производства электроэнергии и снижения запасов мощности, выбросов углекислоты (Киотский протокол) и вредных веществ в атмосферу. [1]

Учитывая новые принципы построения энергосистем и электрических сетей, изложенных выше, применим их к электрическим сетям и энергосистеме города Орска.

Современные технологии в модернизации и управлении системами энергоснабжения в городе Орске.

Решая проблемы развития электроэнергетической отрасли города Орска можно удовлетворить текущие и перспективные потребности в энергоресурсах и сопутствующих услугах потребителей.

За последнее время в городе произведена замена большого количества проводов воздушных линий в прилегающих поселках и в линиях освещения на СИП нужного сечения с учетом будущих нагрузок. Данная замена провода воздушных линий на СИП позволила заодно произвести равномерную нагрузку линий по фазам, что уменьшило нагрузку на сети, уменьшило потери в линии и нагрузку на трансформаторы и электрические аппараты.

Городское освещение стремятся выполнить с применением энергосберегающих технологий, применяя светодиодные лампы и используя методы дистанционного управления, все это позволяет увеличить освещенность улиц города Орска, уменьшить потери энергии в линиях, уменьшить аварийность в работе систем освещения и повысить надежность их работы. Частично произведена замена светофоров и другой техники, участвующей в регулировке движения автомобильного транспорта на энергосберегающие светодиодные аппараты. В качестве источников питания для техники, участвующей в регулировке движения автомобильного транспорта, во многих случаях применяют солнечные батареи, что увеличивает надежность работы данных систем.

В территория города произведена большая работа па замене кабельных линий, с учетом изменившихся нагрузок и имеющих большое количество повреждений, а также устранение временных перемычек и изменений схем электроснабжения, что позволило увеличить качество электроснабжения,

надежность и уменьшить потери электроэнергии в линии, а также уменьшило нагрузку на электрические аппараты и трансформаторы. Силовые сети и сети освещения меняют, ревизируют, выравнивают нагрузку по фазам, а это увеличивает надежность электроснабжения, уменьшает потери в линиях.

В системе электроснабжения на напряжении 6-10 кВ в городе Орске также проводятся модернизации и замена кабельных линий, электрических аппаратов, изменяют схему электроснабжения трансформаторных подстанций и распределительных пунктов, что позволяет выровнять потенциалы в узлах, нагрузки, увеличить надежность электроснабжения и повысить качество управления системой электроснабжения.

Кабельные линии, нагруженные выше номинальных величин, заменяют по сечению с учетом существующих и будущих нагрузок новыми марками кабелей типа СИП и другими. Схему энергоснабжения города Орска во время ремонтных работ делают более гибкой, закольцовывая распределительные устройства, а наиболее нагруженные трансформаторные подстанции запитывают двумя независимыми линиями энергоснабжения. Существовавшая в большинстве случаев радиальная система энергоснабжения заменяются другими системами и в итоге становятся более эффективными, что улучшает качество энергоснабжения потребителей.

Система энергоснабжения города Орска имеет достаточное количество распределительных устройств на напряжение 6-10 кВ. Во время ремонтных работ производится модернизация распределительных устройств с заменых высоковольтных выключателей с дистанционным управлением и большим количеством функциональных возможностей, а это улучшает надежность дистанционного управления энергоснабжением.

Возможность дальнейшего улучшения качества энергоснабжения, уменьшения потерь энергии в линиях на напряжениях 0,4 кВ, 6-10 кВ не исчерпаны. Дальнейшая модернизация системы энергоснабжения состоит в продолжении замены линий энергоснабжения, соответствующих нагрузке в данный момент времени, замене высоковольтной аппаратуры на новые с дистанционным управлением и с большей возможностью дистанционно управлять выбором режимов энергоснабжения. В качестве источников электрической энергии, совместно с существующими ранее привычными источниками, появляются, так называемые зеленые источники энергии, с солнечными батареями, пока правда в виде станций с большой генерирующей мощностью, ветровые генераторы, принадлежащие частным лицам. Количество генерирующих мощностей зеленых источников энергии будет постоянно возрастать в частном секторе, а это источники небольшой мощности и зависящие от погодных условий, и управление их работой потребует более мощной системы управления потоками энергии в каждый момент времени, а это возможно лишь при развитии достаточно мощной системы управления. Система управления по перетоку электроэнергии и работой энергосистемы в городе Орске требует достаточно больших капиталовложений. Здесь как раз появляется возможности использовать в наибольшей степени цифровые

технологии. В данный момент времени в энергоснабжающих организациях отработаны вопросы, регулирующие взаимоотношения между сетями и частными предпринимателями, генерирующими электроэнергию в сети.

По учету и потреблению электроэнергии в режиме онлайн в городе Орске также проводится определенная работа:

- устанавливаются счетчики электроэнергии на вводах, питающих районные подстанции, с возможностью наблюдения во времени за их показаниями;
- устанавливаются счетчики электроэнергии на вводах, питающих главные понижающие подстанции предприятий, с возможностью наблюдения во времени за их показаниями;
- устанавливаются счетчики электроэнергии на вводах, питающих распределительные пункты, а также и на выводах с возможностью наблюдения во времени за их показаниями;
- устанавливаются счетчики электроэнергии на выводах в трансформаторных подстанциях, питающих потребителей, с возможностью наблюдения во времени за их показаниями;
- устанавливаются счетчики электроэнергии на вводах, питающих частные домовладения, с возможностью наблюдения во времени за их показаниями.

-в некоторых распределительных устройствах и трансформаторных подстанциях имеется возможность производить дистанционно оперативные переключения.

Все это дает возможности в определенных пределах:

- во времени регулировать потребленную электроэнергию;
- видеть, как загружены сети и принимать нужные решения;
- дает возможность контролировать качество потребления электроэнергии.

Нужно и в дальнейшем улучшать качество учета электроэнергии, а также и возможности производить переключения в схемах электроснабжения в любой момент времени. Для этого необходимо увеличивать мощность информационно-измерительную систему. Все это вместе даст возможность улучшить качество электроснабжения, уменьшить потери электроэнергии и, то есть создать умные сети. Время, в течении которого мы придем к этому будет зависеть от величины финансирования и от уровня развития экономики и энергетической отрасли России.

Учитывая требования к сетям и энергосистемам необходимым для того чтобы, они работали более эффективно и то что в настоящее время из необходимого мы имеем, видно, как много для этого необходимо еще сделать:

-возможность использования всех видов генерации:

необходимо готовиться к тому, что число генерирующих устройств различного вида и мощности и в том числе нетрадиционных и возобновляемых источников энергии будет неуклонно расти и с ними надо будет работать;

- возможности определения потребителем безопасности, надежности и качества энергоснабжения:

потребитель в настоящее время в качестве энергоснабжения может пользоваться тем что ему предлагают, правда энергоснабжающих организации стараются довести качество электроэнергии до стандартов;

- скоординированном гибком и оптимальном развитии, надежном и экономичном функционировании и техническом обслуживании:

данное возможно при хорошо организованной службе по эксплуатации и ремонту системы энергоснабжения, а здесь поле деятельности неограниченно.

Список литературы

1. Гуревич В. И., Интеллектуальные сети: новые перспективы или новые проблемы // Гуревич В. И. Электротехнический рынок № 6(36) ноябрь декабрь 2010 - Режим доступа: https://market.elec.ru/nomer/33/ (дата обращения: 24.11.2017).

2. Шилин А. Н. Интеллектуальные электрические сети: проблемы и решения, текст научной статьи по специальности энергетика, // Шилин А. Н., Шилин, А. А., Известия Волгоградского государственного технического университета - Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/intellektualnye-elektricheskie-seti-problemy-i-resheniya (дата обращения: 24.11.2017).

3. Ледин С.С., Интеллектуальные сети Smart Grid – будущее российской энергетики // Ледин С.С. Автоматизация & IT в энергетике ежемесячный отраслевой научно-производственный журнал №11(16) ноябрь 2010 - Режим доступа: http://www.avite.ru/ (дата обращения: 24.11.2017).