



Министерство образования Республики Беларусь

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Энергетический факультет

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ

Тезисы докладов
61-й научно-технической конференции
студентов, магистрантов и аспирантов

Минск 2005

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Энергетический факультет

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ

Тезисы докладов
61-й научно-технической конференции
студентов, магистрантов и аспирантов
(апрель 2005 года)

Минск 2005

620.9
УДК 621.311
ББК 31я43
А 43

Редакционная коллегия:
С.М. Силюк, В.А. Анищенко, Н.Б. Карницкий, В.Н. Нагорнов,
И.В. Новаш, В.А. Седнин, И.И. Сергей, В.А. Федин

Ответственный за выпуск П.И. Климкович

В сборнике представлены тезисы докладов по проблемам автоматизации энергетических систем, повышения эффективности электрических сетей и систем энергоснабжения, рационального использования энергетических ресурсов.

СЕКЦИЯ 1. Электрические системы

УДК 621.3

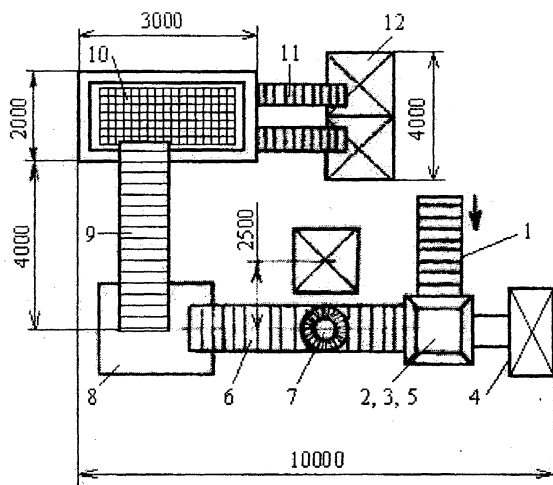
УСТАНОВКА ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ИЗОЛЯТОРОВ
ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Парманчук П.Н.

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор КОРОТКЕВИЧ М.А.

К середине 90-х годов прошлого века низкая эксплуатационная надёжность фарфоровых изоляторов превратилась в отраслевую проблему энергетиков: в энергосистемах накопилось порядка 100 млн. шт. изоляторов старых типов, имеющих срок службы 20 лет и подлежащих замене. Закономерно встал вопрос и об их утилизации. Исследование процессов переработки крупногабаритных отходов – бетона, железобетона, металлургических отходов показало, что можно создать безотходное производство и повторно использовать получаемые компоненты.

Нами предложена установка для утилизации изоляторов воздушных линий электропередачи, включающая линию подачи дефектных изоляторов, сообщенную с первой зоной разрушения в виде дробилки с параллельными горизонтальными вращаемыми роторами и устройством для извлечения металла в виде электромагнита, соединенную со второй зоной разрушения в виде щековой дробилки с нижним подвесом и вертикальным шатуном, выход которой соединен через ленточный транспортер с входом просеивающего устройства в виде инерционного грохота, причем два его выхода соединены через ленточные транспортеры с двумя накопительными бункерами для готовой продукции.



Технологическая схема установки

Установка работает следующим образом. По линии 1 в загрузочный бункер 2 подаются дефектные изоляторы, которые попадают на встречно вращаемые роторы дробилки 3 с электроприводом 4. Резцы дробят изоляционный материал и частично деформируют металлическую часть изоляторов. Далее куски металла и изоляционного материала падают в приемный бункер 5, с которого поступают на ленточный транспортер 6. Электромагнитом 7, размещаемым над транспортером, притягиваются с транспортера металлические части изоляторов и далее направляются в контейнер. Оставшийся на транспортере изоляционный

материал дробится щековой дробилкой 8 на фракции размером до 20 мм и ленточным транспортером 9 транспортируется в инерционный грохот 10, где сортируется на фракции размером до 5 мм и от 6 до 20 мм, которые ленточными транспортерами 11 подаются в бункеры 12.

Конструкция мельницы представляет собой предварительно напряженный замкнутый кинематический контур, обеспечивающий значительное повышение давления рабочих поверхностей резцов на измельчаемый материал без увеличения мощности привода. Это позволяет уменьшить расход энергии на упругие деформации деталей дробилки. Дробилка содержит теплорассеивающий корпус из нержавеющей стали. Ва-

лы роторов проходят через самоцентрирующиеся подшипники, которые вместе с корпусом обеспечивают отвод тепловой энергии, выделяющейся при дроблении изоляторов. Оба вала запитываются от электродвигателя через двуосный редуктор. Приемный бункер выполнен с наклонными сепараторами, которые сглаживают удары от падающих сверху кусков металла и изоляционного материала и защищают резиновый ленточный транспортер от преждевременного выхода из строя. Нижняя часть выполнена с направляющими лапками, препятствующими разбрасыванию раздробленного материала по всей ширине транспортера.

Достоинства установки:

- снижение расходов на эксплуатацию за счет применения съемных резцов;
- получение измельченного фарфора или стекла, которые в дальнейшем используются в промышленности;
- получение металлолома;
- отсутствие загрязнения окружающей среды бывшими в употреблении изоляторами;
- сокращение разработки природных ресурсов, эквивалентных объему полученных материалов из изоляторов.

УДК 621.315

АЛГОРИТМИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ ПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА

Щеклеин А.А.

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор ФУРСАНОВ М.И.

В настоящее время при решении различного рода технических задач широко применяются ПЭВМ. Они облегчают решение поставленных перед инженером задач. В этой работе освещается комплекс программ KPSET для последовательного алгоритмического выполнения основных этапов проектирования сети промышленного района.

К этим этапам относятся: автоматизированная выдача заданий на курсовое проектирование; выбор номинального напряжения сети; выбор сечений проводов воздушных линий; выбор числа и мощности трансформаторов на подстанциях; расчет технико-экономических показателей вариантов проектируемой сети; расчет и построение монтажных кривых для проводов и тросов линии электропередачи.

Комплекс программ KPSET разработан для использования при выполнении курсового проектированию электрической сети промышленного района. Он позволяет автоматизировать выдачу задания на курсовой проект (программа ZADANIE), проводить предварительный выбор напряжения (программа NAP), выбор сечений проводов воздушных линий (программа SECHKUR), выбор числа и мощности трансформаторов (программа TRANS), расчет технико-экономических показателей (программа TEP), построение монтажных кривых (программа MONTACH). Структурная схема проектирования следующая. Прежде всего по заданным координатам расположения источников питания и нагрузок составляется топологическая схема их размещения. На эту схему наносятся мощности источников питания и максимальные нагрузки потребителей, отмечаются категории потребителей электроэнергии. Определяется мощность балансирующего узла и ее знак по балансу мощности в системе без учета потерь мощности. В заданном масштабе наносят расстояния между узлами проектируемой сети, которые увеличивают на 10–15 % из-за вероятного отклонения трассы линии от прямой линии. В первую очередь намечают трассы линий к мощным потребителям кратчайшим путем от двух независимых источников питания. Эти линии составят основу будущей сети.

Затем намечают вероятные трассы присоединения остальных узлов нагрузок и получают варианты сети. Разработанная схема сети считается удачной, если в ремонтных и послеаварийных режимах нагрузка оставшихся в работе питающих линий увеличивается не более чем на 50–60 % от нагрузки нормального режима максимальных нагрузок. Если схема выполнена с учетом изложенных рекомендаций, то, как правило, в самых тяжелых режимах удается обеспечить необходимый уровень напряжения. Рекомендуется рассмотреть 4–5 вариантов схем сети. В качестве критерия сопоставления вариантов сети на этом этапе проектирования используются длины линий. Выбранные таким способом два наиболее предпочтительных варианта оставляются для дальнейшей разработки и сопоставления по экономическому критерию. На следующем этапе проектирования для каждого из отобранных вариантов сети необходимо детально разработать и принять решения по их конструктивному исполнению, оценить технико-экономические показатели и сопоставить между собой по обобщенному технико-экономическому критерию (приведенные затраты).

Номинальное напряжение сети должно соответствовать одной из систем номинальных напряжений: 10–110–330–750 кВ; 10–35–110–220–500 кВ.

При разработке схем подстанций должны использоваться типовые инженерные решения.

При определении номинального напряжения и сечений проводов для выбранных конфигураций сети необходимо знать расчетные потоки активных мощностей по линиям. Расчет потоков мощностей по ветвям схемы осуществляется с помощью программ расчета установившегося режима: ELECTRO, DIS, K&T, RASTR. Информация, полученная по названным программам, служит для последующего анализа основных рабочих режимов сети и проверки достаточности технических средств их регулирования (уровни напряжения в узлах и т. д.). Краткая характеристика программ комплекса KPSET приведена ниже.

Программа ZADANIE предназначена для формирования и выдачи задания на курсовое проектирование по дисциплине «Электрическая сеть промышленного района». Число заданий определяется количеством студентов в группе. Программа ZADANIE автоматически формирует место размещения точек на ограниченном по вертикали и по горизонтали поле. Размеры поля можно менять. При построении точек производится контроль расстояния между точками для того, чтобы точки находились на оптимальном расстоянии друг от друга. Оптимальное расстояние определяется на основе принципа построения зон напряжения. Следует отметить, что выбор основной исходной информации курсового проекта (максимальных мощностей потребителей, время использования максимальной нагрузки, расстояние между точками и т. д.) выполняется с помощью генератора случайных чисел. Это позволяет выдать каждому студенту индивидуальное задание на курсовой проект. В программу заложена стандартная форма бланка задания к курсовому проекту, принятая в БНТУ.

Программа NAP предназначена для выбора номинального напряжения сети по экономическим зонам и формуле Ларионова. Исходной информацией являются длина линии L и передаваемая активная мощность P , найденные на этапе предварительного расчета потокораспределения вручную или программами класса RASTR.

Программа SECHKUR предназначена для выбора сечений проводов воздушных линий электропередачи 35–500 кВ. Исходной информацией служат токи в линиях в режиме наибольших нагрузок и в послеаварийном режиме. Выбор проводов производится по методу экономических зон сечений проводов. При использовании данного метода по току в линии в определяется расчётный ток, по которому выбирается сечение провода (от 70 до 500 мм²), после чего производится проверка выбранного сечения по нагреву и по условиям короны. При проверке выбранного сечения по условиям короны определя-

ется минимальное сечение провода, для которого критическое напряжение возникновения короны больше номинального напряжения линии. Это сечение и принимается в качестве минимально допустимого по условиям короны. Минимально допустимые сечения по нагреву и по условиям короны сравниваются с сечением провода, выбранным по методу экономических зон, и в качестве рекомендуемого принимается большее из этих трёх сечений.

Программа ТЕР предназначена для расчета технико-экономических показателей варианта проектируемой сети на основе известных аналитических соотношений. С использованием рассчитанных технико-экономических показателей выполняем сравнение вариантов. Предпочтение отдается наиболее экономичному варианту проектируемой сети.

В состав программы MONTACH входят две программы: программа GRAF1 и программа MONN. Программа GRAF1 использует результаты расчета программы MONN для построения монтажных кривых, поэтому программа MONN выполняется первой. Она имеет собственную базу данных на провода и тросы. Расчет и построение монтажных кривых проводят по известному алгоритму на основе удельные механических нагрузок, действующих на провод и трос, с использованием уравнения состояния провода в полете. По известным напряжениям определяют тяжесть и стрелу провеса провода. Построенные монтажные кривые выдаются в графическом виде.

УДК 621.3

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ОТКРЫТОГО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА 110 КВ МИНСКОЙ ТЭЦ-4

Власов А.И.

Научный руководитель – д-р техн. наук ЗАБЕЛЛО Е.П.

Создание информационно измерительной системы (ИИС) ОРУ 110 кВ является одной из важных задач для обеспечения безопасного и экономичного режима работы станции и ставит перед собой следующие задачи:

- обеспечение дежурного и обслуживающего персонала станции достоверной и своевременной информацией о режиме работы ОРУ и состоянии оборудования;
- запись и обработку информации о параметрах режима, срабатывании устройств РЗА.

Исходя из целей создания системы, ее можно условно разделить на две подсистемы: нормального режима и осциллографирования.

В качестве контроллеров сбора информации для системы осциллографирования были выбраны регистраторы электрических процессов «Регина», так как на станции уже был установлен один подобный регистратор и имелся опыт его эксплуатации. Для сбора информации нормального режима цифровой осциллограф «Регина» по техническим характеристикам не подходит, поэтому был выбран регистратор «Парма».

Входными сигналами для нормального режима являлись: линейные напряжения (U_{ab} , U_{bc} , U_{ca}) и $3U_0$ каждой системы шин и секции, фазные токи (I_a , I_b , I_c) и $3I_0$ всех присоединений ОРУ, сигналы положения выключателей, разъединителей и заземлителей. Общее количество вводимых аналоговых сигналов – 168, дискретных – 392. Используя эти сигналы с помощью программного обеспечения рассчитываются дополнительные сигналы: активная, реактивная и полная мощности, частоты на шинах.

В качестве вводимых сигналов в систему осциллографирования использовались: фазные токи присоединений (I_a , I_b , I_c) и $3I_0$, фазные напряжения (U_a , U_b , U_c) и $3U_0$ сис-

тем и секций, напряжения в шкафах отбора напряжений, токи приемников высокочастотной аппаратуры защит, токи в дифференциальной защите и дифференциальной защите с торможением шин, сигналы срабатывания реле основных и вспомогательных защит оборудования. Общее число аналоговых сигналов осциллографирования – 157, дискретных – 527.

Подключение аналоговых сигналов нормального режима осуществлялось от измерительных вторичных обмоток трансформаторов тока и напряжения, осциллографирования – от релейных выходов. Дискретные сигналы нормального режима подключаются от контактов силовых реле, расположенных в шкафах приводов выключателей, разъединителей и заземлителей. Дискретные сигналы подключаются к нормально разомкнутым контактам реле защит и автоматики. В случаях отсутствия нормально разомкнутых контактов подключение осуществляется через блок оптронной развязки.

Для ввода сигналов в ИИС ОРУ 110 кВ потребовалось 3 регистратора «Парма» и 6 регистраторов «Регина»

Передача информации от регистраторов по сети ETHERNET осуществляется на сервер сбора и потом по общестанционной локальной сети к рабочим станциям диспетчеров и другим пользователям.

УДК 621.316.1.017

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ ДО 1000 В

Семенчук С.С.

Научный руководитель – ЖЕРКО О.А.

Реализация задачи проектирования электрических сетей напряжением до 1000 В для учебных целей имеет ряд особенностей. Это связано в первую очередь с тем, что методические пособия по данной теме практически отсутствуют. В реальных условиях проектировщики используют методические указания, разработанные еще в 1960–1970 годах. При этом круг решаемых вопросов ограничен – распределение нагрузок по фазам, расчет токов короткого замыкания, выбор релейной защиты, расчет технико-экономических показателей.

Проектирование электрической сети до 1000 В включает в себя следующий основные этапы:

- получение исходной информации;
- разметка трассы линии;
- определение расчётных нагрузок и способов их подключений;
- выбор числа и мощности ТП;
- определение марок проводов;
- защита линий;
- проверка оборудования по различным критериям;
- расчет технико-экономических показателей.

Под получением исходной информации понимается приёмка технических условий, выданных электроснабжающей организацией, получение плана местности, где необходимо проложить новую линию. При отсутствии плана местности специальная группа выезжает в проектируемый район и производит необходимые замеры на местности, собирает топологию, составляет план местности, узнаёт необходимую информацию о возможных источниках питания для будущих потребителей.

При проектировании трассы линии необходимо рационально разметить трассу с учётом топологии местности, расположения объектов электроснабжения. При этом сама трасса условно делится на магистраль и отпайки. Магистралью называется основ-

ной, общий участок трассы, от которого осуществляется электроснабжение потребителей через отпайки.

Определение расчетных нагрузок можно производить по удельным нагрузкам. Нагрузки же многоквартирных домов, какие в основном, располагаются в сельской местности, предлагается брать для жилых домов с электроплитами – равными 6 кВт, с электроплитами и водонагревателями 7,5 кВт. При наличии бытовых кондиционеров расчетные нагрузки увеличивают на 1 кВт.

При выборе числа и мощности ТП необходимо знать потокораспределение для нахождения мощности трансформаторного пункта. Затем выбирается схема ТП и параметры трансформаторов.

Для защиты линий устанавливаются автоматы и предохранители на подстанциях. Критерием для выбора аппаратов защиты являются: напряжение, расчетный ток, ток короткого замыкания. В основном выбор аппаратов осуществляется по нормам и таблицам, где указаны токи короткого замыкания линии и соответствующие им аппараты.

Одной из проверок оборудования является проверка провода по току короткого замыкания, которая состоит в определении тока трёхфазного замыкания до наиболее удалённого потребителя. В отдельных случаях необходимо определить двухфазное короткое замыкание.

Основной целью технико-экономических расчётов электрических сетей является нахождение оптимальных параметров и схемы электроснабжения заданных потребителей.

УДК 621.311.1

ПОИСК МЕСТ ПОВРЕЖДЕНИЙ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

Усик А.А.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент КАЛЕНТИОНОВ Е.В.

В сложившейся ситуации, когда распределительные линии напряжением 6–10 кВ имеют большую протяженность и большое количество ответвлений, отыскание места повреждения без специальных приспособлений занимает большое количество времени. Поэтому при возникновении междуфазных повреждений линии отключаются средствами релейной защиты и автоматики. Это ведет к нарушению технологических процессов, браку продукции, простоем оборудования и т. д. Около 15 % всех повреждений в электрических сетях – междуфазные. Для ускорения отыскания мест повреждения используются различные методы и средства. Которые не в полной мере удовлетворяют требованиям эксплуатации. Для повышения точности дистанционного определения расстояния до места повреждения предлагается использовать мгновенные параметры аварийного режима.

Если при двухфазном повреждении измерение мгновенных значений параметров аварийного режима производить в момент перехода тока короткого замыкания через нуль $i_{bc} = 0$ (момент t_0), то расстояние до места повреждения будет определяться следующим выражением:

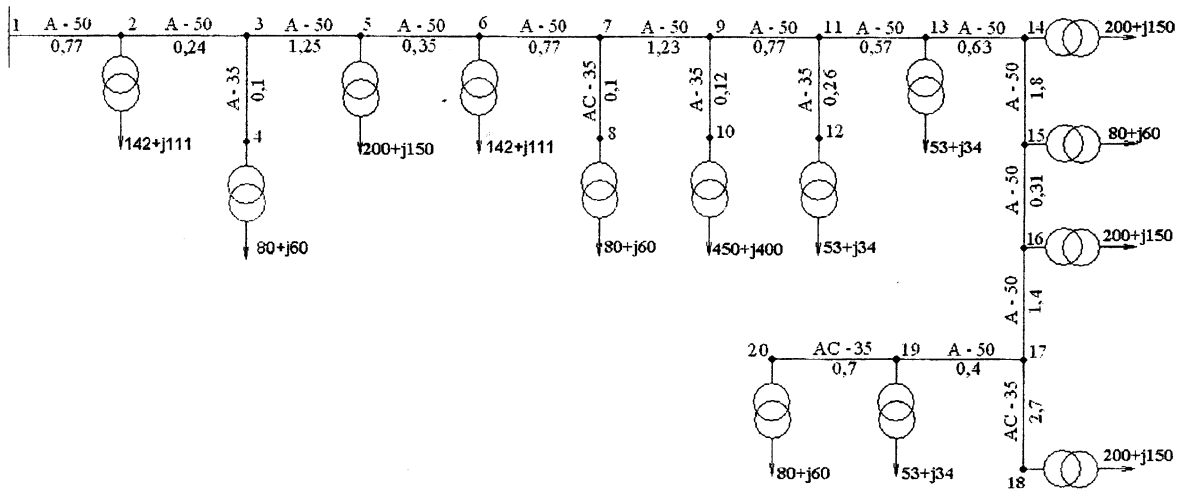
$$L_K = \frac{(u_{bc})_0}{\left(L_{ly0} \frac{di_{bc}}{dt} \right)_0},$$

где u_{bc} – мгновенное значение напряжения фаз В и С;

L_{ly0} – удельная индуктивность прямой последовательности;

i_{bc} – разность токов двух поврежденных фаз.

Для оценки точности такого подхода использована наиболее типичная схема распределительной сети, приведенная на рисунке.



Распределительная сеть напряжением 10 кВ

Расчеты выполнены с помощью программы MATLAB 6.5. В которой была смоделирована сеть с использованием типовых элементов сети (система, трансформатор, линия и нагрузка). Двухфазное и трех фазное замыкание моделировалось в четырех точках 6, 11, 16, 20. Мощность нагрузки изменялась в диапазоне от 0 до 100 %.

На основе расчетов установлено, что погрешность в определении расстояния составляет от 10 до 410 метров при небольшом переходном сопротивлении. При увеличении переходного сопротивления погрешность значительно увеличивается и составляет до 1,5 км.

УДК 621.311.1

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ И ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

Лежневич А.Г.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент ПРОКОПЕНКО В.Г.

В условиях напряжённости топливно-энергетического баланса снижение потерь в электрических сетях становится одним из важных источников экономии топлива. Нами разрабатывались мероприятия по снижению потерь мощности и энергии в электрической сети 35–330 кВ Ошмянского предприятия электрических сетей.

Схема Ошмянских электрических сетей 35–330 кВ содержит линии электропередачи номинальных напряжений 35–330 кВ и 39 подстанций, на которых установлены трансформаторы ряда номинальных мощностей от 0,56 до 63 МВ·А и один автотрансформатор, номинальной мощностью 200 МВ·А, установленный на подстанции 330 кВ «Сморгонь», питающейся по линии 330 кВ от Игналинской АЭС. Энергия в схеме передаётся по сталеалюминиевым проводам марок АС и АСК различных сечений от 240 мм².

В качестве одного из мероприятий по снижению потерь в данной сети был использован метод улучшения режима за счёт отыскания оптимальных мест размыкания. Для отыскания мест размыкания нами применена следующая методика. Сеть замыка-

лась во всех местах, там, где это возможно. Исходя из предварительного анализа схемы Ошмянских электрических сетей и значений сопротивлений её ветвей нами был сделан вывод о том, что сеть близка к однородной, в которой естественное потокораспределение совпадает с экономическим. Поэтому рассчитывалось потокораспределение в замкнутой сети и в точках потокораздела сеть размыкалась. Для уточнения результата точки размыкания перемещались. В результате получили разомкнутую сеть.

Данное мероприятие позволило снизить потери мощности на 9,4 % по сравнению с исходным режимом.

Далее исследовалась возможность снижения потерь мощности и энергии за счёт регулирования напряжения с помощью РПН трансформаторов. При этом удалось улучшить режим напряжения электроприёмников и снизить потери электроэнергии в сети ещё на 4,4 %.

Кроме того, была рассмотрена возможность оптимизации режима сети за счёт замены слабозагруженных трансформаторов. Анализ режима сети показал о загрузке трансформаторов менее 10 %. Как известно, уменьшение номинальной мощности трансформаторов при малой нагрузке приводит к снижению суммарных потерь мощности и энергии в них. Поэтому все трансформаторы мы заменили на трансформаторы меньшей номинальной мощности. Данное мероприятие позволило снизить потери ещё на 4,4 %.

Суммарный экономический эффект от рекомендуемых мероприятий составил 21 549 600 рублей.

УДК 621.3

НОВЫЙ ПОДХОД К УЧЕТУ СИСТЕМАТИЧЕСКИХ ПОГРЕШНОСТЕЙ РАБОТЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ В ПРОГРАММИРУЕМЫХ СИСТЕМАХ УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Рашкевич В.Л.

Научный руководитель – д-р техн. наук ЗАБЕЛЛО Е.П.

В условиях формирования энергетического рынка существует объективная необходимость совершенствования коммерческого учета электрической энергии. Практика повышения точности работы только электросчетчиков не даст желаемого эффекта – точность системы коммерческого учета электрической энергии можно повысить, увеличивая точность работы измерительных трансформаторов тока (ТТ), трансформаторов напряжения (ТН).

Погрешность ТТ зависит как от его конструктивных особенностей, так и от вторичной нагрузки и от кратности первичного тока по отношению к номинальному. Увеличение нагрузки и кратности тока приводит к увеличению погрешности. При первичных токах, значительно меньших номинального, погрешность ТТ также возрастает.

Погрешность ТН зависит от коэффициента мощности нагрузки, значения намагничивающего тока трансформатора и от отношения напряжения первичной обмотки к номинальному напряжению трансформатора.

Измерительные ТТ, согласно ГОСТ 7746-2001 «Межгосударственный стандарт. Трансформаторы тока. Общие технические условия», обеспечивают класс точности 0,5 только при первичных нагрузках, превышающих 20 % от номинальных. Сокращение выпуска промышленной продукции предприятиями привело к снижению электрических нагрузок и большинство измерительных ТТ стали функционировать с первичными

токами менее 20 % от номинального. Что в конечном итоге привело к снижению точности учета потребляемой электроэнергии.

В связи с вышеизложенным возникает вопрос, как в таких режимах работы повысить точность коммерческого учета выработанной и потребленной электрической энергии.

У производителей и потребителей электрической энергии, у которых установлены автоматизированные системы контроля и учета электроэнергии и информация о токах и напряжении поступает от измерительных ТТ и ТН, повышение точности коммерческого учета выработанной и потребленной электрической энергии может быть достигнуто следующим путем:

1. Министерство энергетики совместно с другими заинтересованными министерствами и ведомствами создают или приобретают передвижные метрологические установки для определения погрешностей работы ТТ в диапазоне 1–120 % номинального тока и ТН в диапазоне 80–110 % номинального напряжения на местах их установки с учетом реальных нагрузок.

2. Системы коммерческого учета электрической энергии на основе микропроцессорной техники дополняются функцией учета погрешностей работы ТТ и ТН, которые учитывают реальные погрешности ТТ и ТН при внедрении и настройке системы по месту установки.

Предложенный подход повышения точности коммерческого учета электрической энергии позволит свести практически к нулю недоучет электрической энергии из-за погрешностей работы ТТ и ТН и повысить точность коммерческого учета электрической энергии, что может принести значительный экономический эффект как производителям, так и потребителям электрической энергии.

УДК 621.316.1.017

ТИПОВЫЕ ГРАФИКИ НАГРУЗКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Бурло Т.С.

Научный руководитель – ЖЕРКО О.А.

Графики электрических нагрузок отражают изменение активных и реактивных мощностей нагрузок за рассматриваемый промежуток времени и служат, наряду со значениями максимальной и средней нагрузок, основным исходным материалом для решения некоторых задач электроснабжения.

Основными параметрами, характеризующими графики нагрузки, являются:

- вид нагрузки;
- длительность рассматриваемого промежутка времени;
- местоположение нагрузки в электрической системе.

По виду нагрузки различают графики активной, реактивной и графики кажущейся мощности.

По длительности рассматриваемого промежутка времени графики электрических нагрузок промышленных предприятий разделяют на суточные и годовые.

По месту снятия графиков они делятся на:

- графики вырабатываемой мощности (стационарные графики), отражающие изменение суммарной нагрузки на зажимах генераторов станций за рассматриваемый промежуток времени;
- графики отпускаемой мощности (сетевые графики), показывающие изменение отпускаемой в сеть мощности на шинах станции или подстанции;

– графики потребляемой мощности, отражающие изменение суммарной нагрузки потребителя на вводе.

На основе характерных суточных графиков нагрузок (как минимум за зимние рабочие сутки с максимальным электропотреблением и за летние рабочие сутки с минимальным электропотреблением) строят годовой график нагрузок по продолжительности, в котором нагрузки располагают в порядке их постепенного убывания.

Годовые графики нагрузок по продолжительности строят обычно графическим методом, наиболее точным из применяемых, но требующим наличия характерных суточных графиков нагрузок, причём в большинстве случаев оказывается достаточным иметь четыре характерных суточных графика: за зимние и летние рабочие сутки, а также за зимние и летние нерабочие сутки.

Графики строят в прямоугольной системе координат, предпочтительнее в виде ступенчатых графиков, дающих возможность быстрее производить подсчёты, чем криволинейные или ломаные графики. Суточные графики нагрузок строят через получасовые промежутки времени.

Характерные суточные графики электрических нагрузок за зимние и летние сутки, а также годовой график нагрузки по продолжительности применяют для выбора оборудования электроснабжающих установок.

В результате обследований были собраны 115 различных типовых графиков нагрузки (суточные, месячные и годовые). По суточным и многосуточным графикам нагрузки определены следующие основные показатели: максимальная (активная, реактивная и полная) нагрузка графика; минимальная (активная, реактивная и полная) нагрузка графика; среднее значение (активной, реактивной и полной) нагрузки графика; средние и максимальные $\cos \phi$, $\tan \phi$; продолжительность использования установленной мощности; продолжительность использования максимума нагрузки; коэффициент заполнения или нагрузки; коэффициент использования установленной мощности; время наибольших потерь мощности; коэффициент формы; коэффициент резерва; коэффициент разновременности.

УДК 621.311.1

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ПОВРЕЖДАЕМОСТИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

Панченко А.В.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент КАЛЕНТИОНОК Е.В.

Общая протяженность сетей 10 кВ, рассматриваемого района электрических сетей составляет 881 км. Из них воздушных линий (ВЛ) 832 км, кабельных линий (КЛ) 49 км. Электрическая сеть состоит из 49 линий, в том числе:

1. Городские – 5 шт.
2. Сельские – 38 шт.
3. Промышленные – 6 шт.

Средняя длина ВЛ 10 кВ с ответвлениями составляет 18,9 км, КЛ 10 кВ составляет 3,9 км. При этом:

1. Четыре линии имеют длину более 30 км.
2. Одна линия длиной 42 км.
3. Одна линия длиной 54 км.

Распределение линий по годам строительства:

1. Свыше 30 лет – 21 шт. или 43 %.
2. От 20 до 30 лет – 10 шт. или 20,5 %.

3. От 10 до 20 лет – 12 шт. или 24,5 %.

4. До 10 лет – 6 шт. или 12 %.

Таким образом, более 40 % сетей выработали свой нормативный срок службы.

Питание потребителей осуществляется от закрытых трансформаторных подстанций (ЗТП) 10/0,4 кВ – 87 шт. и от комплектных трансформаторных подстанций (КТП) 10/0,4 кВ – 410 шт. Суммарная установленная мощность трансформаторов составляет 111 230 кВ·А.

Для выявления причин и характера повреждений выполнен анализ работы ВЛ, КЛ 10 кВ в районе электрических сетей за последние 5 лет, т. е. с 2000 по 2004 год включительно. Результаты анализа приведены в таблице 1.

Таблица 1. Распределение повреждений по району электрических сетей за 5 лет в зависимости от причины возникновения.

Причина повреждения	Количество случаев, шт.	Количество случаев, %
Повреждение КЛ	60	7,0
Обрыв 1-го, 2-х, 3-х проводов на ВЛ	160	18,8
Падение деревьев на провода без их обрыва	72	8,45
Причина не установлена	301	35,3
Обрыв проводов из-за падения деревьев	56	6,6
Повреждение концевых кабельных разделок	37	4,3
Обрыв вязки	26	3
Повреждение изолятора	22	2,6
Перекрытие в в/в отсеке КТП 10/0,4 кВ	14	1,6
Дефект привода ВВ, МВ 10 кВ	11	1,3
Повреждение ПНБ 10 кВ на КТП 10/0,4 кВ	11	1,3
Повреждение шлейфа СР, ОР, ЛР 10 кВ	10	1,2
Дефект ВВ, МВ 10 кВ на ПС 35–110 кВ	8	0,9
Обрыв проводов сторонней техникой	6	0,7
Повреждение разрядника 10 кВ	6	0,7
Перекрытие ПНБ 10 кВ на КТП птицами	6	0,7
Перекрытие на СР, ОР, ЛР 10 кВ птицами	5	0,6
Наброс на провода ВЛ	5	0,6
Повреждение опоры из-за наезда транспорта	5	0,6
Протекание крыши ТП 10/0,4 кВ	4	0,5
Схлестывание проводов из-за их провисания	4	0,5
Отключение СШ 10 кВ на ПС 35–110 кВ	4	0,5
Повреждение опорного изолятора на КТП	3	0,35
Отключение во время грозы	3	0,35
Повреждение силового трансформатора на КТП	3	0,35
Перекрытие в н/в отсеке КТП 10/0,4 кВ	3	0,35
Включение ЗНЛ 10 кВ неизвестными лицами	3	0,35
Повреждение потребительских КТП, ТП 10/0,4 кВ	3	0,35
Отключение СР, ОР 10 кВ посторонними лицами	1	0,15
ИТОГО:	852	100

Общее количество повреждений за 5 лет составило 852 шт., среднее количество повреждений за 1 год – 170 шт.

Удельная повреждаемость на 100 км составляет:

$$\frac{\text{количество повреждений за 1 год}}{\text{общее количество км в РЭС}} \times 100 \text{ км} = \frac{170}{881} \times 100 = 19,3 \text{ повр./100 км.}$$

Среднее время устранения повреждений составляет 5,5–7,4 часа.

УДК 621.311

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОВТОРНОГО ВКЛЮЧЕНИЯ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

Филипчик Ю.Д.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент КАЛЕНТИОНОК Е.В.

Нарушения возникающие при перекрытии изоляции на линиях электропередач из-за атмосферных перенапряжений, при набросах на провода, схлестывании и др., после отключения линии самоустраняются. В этом случае после обратного включения под напряжение линии, на которой произошло неустойчивое повреждение, восстанавливается нормальный режим энергоснабжения. Такое включение называется повторным, а автоматические устройства, выполняющие данную операцию, – устройством автоматического повторного включения (АПВ).

АПВ позволяет быстро ликвидировать аварийную ситуацию. Эффективность АПВ характеризуется процентом успешных включений.

АПВ оказывает заметное влияние на устойчивость энергосистемы (рис. 1).

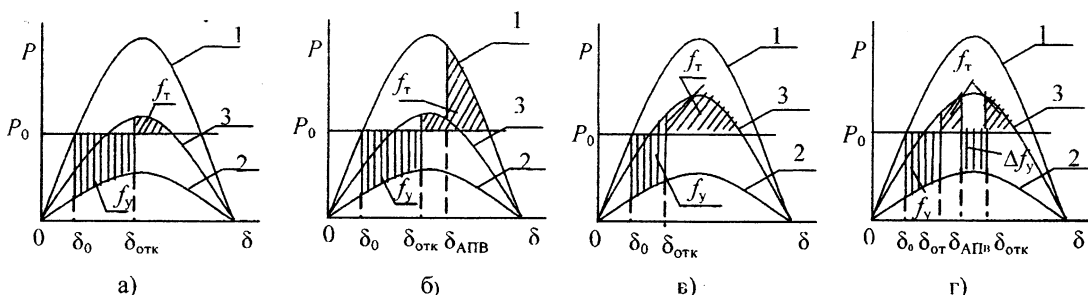


Рис. 1. Режимы системы при возникновении повреждения на линиях: а – неустойчивый режим без АПВ; б – устойчивый режим с успешным АПВ; в – устойчивый режим без АПВ; г – неустойчивый режим при неуспешном АПВ: 1 – угловая характеристика мощности в нормальном режиме; 2 – угловая характеристика мощности при КЗ; 3 – угловая характеристика мощности при отключении линии

Так при отключении повреждения и не использовании устройств АПВ из рис. 1а видно, что при угле отключения $\delta_{отк}$ устойчивость нарушается (площадка ускорения f_y больше площадки торможения f_t). При успешном АПВ (рис. 1б) площадка торможения f_t возрастает и становится больше площадки ускорения f_y .

Однако бывают случаи, когда устройства АПВ не применяются. Это обусловлено возможным появлением неустойчивости системы. На рис. 1в показан режим сохранения устойчивости системы при коротком замыкании и отключения линии без применения АПВ. Однако использование АПВ линии в случае не устраненного повреждения приведет к нарушению устойчивости из-за уменьшения площадки торможения и увеличения площадки ускорения на величину Δf_y (рис. 1г).

Для оценки влияния автоматического повторного включения на устойчивость энергосистемы выполнены расчеты по определению предельной передаваемой мощности, предельного времени отключения короткого замыкания с успешным и неуспешным автоматическим повторным включением. При расчете предельной передаваемой мощности время короткого замыкания принимается равным 0.2 с. В качестве расчетной схемы принималась типовая схема [1].

Влияние АПВ на устойчивость энергосистемы

Показатель устойчивости	с АПВ	без АПВ
Предельно-допустимая передаваемая мощность $P_{пр}$, МВт	604	579
Предельное время отключения КЗ с успешным АПВ $t_{пр}$, с	0,25	0,22
Предельное время отключения КЗ с неуспешным АПВ $t_{пр}$, с	0,21	0,22

Все расчеты выполнены на программном комплексе MUSTANG 95. По результатам расчетов видно, что применение устройств АПВ позволяет увеличить предельно-допустимую передаваемую мощность на 5 %, а предельное время отключения короткого замыкания с успешным АПВ на 12 %.

Литература

1. Сыч Н.М., Калентионок Е.В. Исследование устойчивости электроэнергетических систем на ПЭВМ: Метод. пособие к курсовой работе по дисциплине “Устойчивость электрических систем” – Мн.: БГПА, 1998. – 63 с.

УДК 621.316.1.017

СТРУКТУРНО-БАЛАНСОВАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ 6–20 КВ

Васильев А.С.

Научный руководитель – ЖЕРКО О.А.

Электрическая сеть 6–20 кВ представляет собой многомерное образование, содержащее огромное количество линейных участков, трансформаторных подстанций и других элементов. Для управления электрическими сетями необходимо знать величины потоков мощности по линиям, трансформаторам, токи, уровни потерь электроэнергии на отдельных участках сети. Если допустить, что все эти данные нанесены на схему, то такой схеме присущи следующие недостатки:

- слабая информативность;
- большое число маленьких (в количественном отношении) потоков, не влияющих на общую картину распределения энергии;
- сложность графического отображения потерь электроэнергии.

Для задачи анализа режима и задачи анализа потерь электроэнергии предлагается составлять структурно-балансовую модель потоков мощности и электроэнергии. Модель строится по данным о потоках за определенный промежуток времени, либо, если таковые отсутствуют, по расчетным данным. Зачастую нет необходимости знать и представлять на схеме все составляющие потоков мощности. Поэтому модель должна содержать информацию только о характерных элементах (линиях, трансформаторах и т. д. (причем не только их технические и эксплуатационные параметры, но и месторасположение относительно друг друга)), потоки и перетоки мощности, проходящие через

них, и связи между ними. Кроме этого, для более наглядного отображения структуры потерь мощности, информация о потерях также должна использоваться при построении структурно-балансовой модели. При этом отсутствует необходимость показа таких параметров сети, как длина линии, марки и сечения проводов, установленные мощности трансформаторов.

Модель, построенная по вышеописанным принципам, ликвидирует недостатки отображения результатов на обычной схеме сети и имеет ряд преимуществ:

- отсутствие большого количества мелких элементов, затрудняющих чтение схемы;
- наглядность отображения потоков электроэнергии между электрическими сетями различных классов номинальных напряжений;
- простота наблюдения за мощными потоками в сетях различных классов напряжений и управления ими;
- использование модели позволяет более оперативно выявлять участки с наибольшими отклонениями от заданных величин.

В случае изменения каких-либо параметров сети построенная ранее модель может быть использована руководителями структурных подразделений для анализа состояния потоков и потерь мощности и электроэнергии по основным элементам электрической сети.

Литература

Фурсанов М.И., Жерко О.А. Оценка и анализ режимов и потерь электроэнергии в электрических сетях 6–20 кВ на основе программно-вычислительного комплекса «Дельта» // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2005. – № 1. – С. 31–42.

УДК 321.311

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ ЗА СЧЕТ УСТАНОВКИ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ КОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Конончик А.А.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент ПРОКОПЕНКО В.Г.

Известно, что компенсация реактивной мощности является одним из эффективных средств улучшения режима работы сети. За счет компенсации реактивной мощности снижаются потери мощности и энергии, и улучшается режим напряжения потребителей.

Расчеты по компенсации проводились для схемы сети двух номинальных напряжений – 110 и 330 кВ. В схеме имеются 22 двухобмоточных трансформатора, 20 трехобмоточных трансформаторов и шесть автотрансформаторов связи АДЦТН-200000/330/110. Суммарная активная нагрузка равна 808 МВт, суммарная реактивная нагрузка равна 400 Мвар.

Первоначально исследовалась возможность улучшения режима сети за счет выбора оптимальных значений коэффициентов трансформации автотрансформаторов связи и реактивных мощностей источников, установленных в сети.

В результате расчетов оказалось, что с целью снижения потерь мощности и энергии целесообразно изменять коэффициенты трансформации шести автотрансформаторов связи АДЦТН-200000/330/110. Потери мощности в сети снизились на 2,73 МВт. Экономический эффект составил 75 089,7 у.е. в год.

Анализ послеоптимизационного режима показал, что режим характеризуется повышенными значениями напряжения в сети 110 кВ. Напряжения в сети 110 кВ лежат в

пределах 112,5–126,5 кВ. При этом напряжения на шинах 6–10 кВ подстанций могут быть отрегулированы по правилу встречного регулирования с помощью РПН трансформаторов 110/35/10 и 110/10 кВ. Режим может быть реализован.

Затем исследовалась возможность улучшения режима сети за счет установки дополнительных средств компенсации реактивной мощности.

В результате расчетов оказалось, что целесообразно отойти от оптимального режима, полученного за счет изменения коэффициентов трансформации автотрансформаторов связи, для того чтобы насколько понизить напряжения в узлах. После установки компенсирующих устройств потери мощности снизились еще на 1,3 МВт. Экономический эффект составил 237 092,8 у.е. в год.

Анализ послеоптимизационного режима показал, что значения напряжения в сети несколько понизились. Напряжения в сети 110 кВ лежат в пределах 114–121,7 кВ. Режим может быть реализован.

УДК 621.315

АЛГОРИТМИЗАЦИЯ И РАСЧЕТЫ НОРМАЛЬНЫХ И ОСОБЫХ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ МАТРИЧНЫХ МЕТОДОВ

Потанова О.А.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент ШИМАНСКАЯ Т.А.

Использование программы MathCad, ввиду ее простоты, позволяет значительно расширить круг задач, решаемых в учебных работах, и самостоятельно реализовать ряд алгоритмов для расчета и анализа установившихся и особых режимов и переходных процессов электрических систем. Такой подход повышает эффективность освоения этих задач наряду с использованием промышленных программ (RASTR и др.), причем иногда программы отсутствуют.

Например, рассмотрим задачу расчета режима с фиксацией модуля напряжения в одном из узлов на основе обращенных узловых уравнений. В выделенном узле k необходимо обеспечить реактивную мощность Q_k . Алгоритм поиска ее значения следующий:

1. Задаются некоторым начальным приближением $Q_k^{(0)}$.
2. Находят расчетные узловые напряжения с учетом $Q_k^{(0)}$. Так как узловые уравнения решаются методом итерации, для удобства была написана отдельная программа вида $U = f(Q_k)$. В результате получают $U'_{расч}$, $U''_{расч}$.
3. Корректируют составляющие расчетного напряжения в выделенном узле k к заданному модулю $|U_k|_{зад}$ с сохранением тангенса $\text{tg } \varphi_k$.
4. Находят значение реактивной мощности из k -ого узлового уравнения через скорректированное значение напряжения в k -ом узле \underline{U}_k :

$$Q = \text{Im} \left[- \left(\frac{U_{k_{ск}}}{\underline{U}_k} - U_0 - \sum_{j=1}^n Z_{i,j} \cdot \frac{S_j}{\underline{U}_j} \right) \cdot \frac{\hat{U}_{k_{ск}}}{Z_{k,k}} \right],$$

где \underline{U} , \overline{U} – прямой и сопряженный комплекс напряжений в узлах;

$Z_{i,j}, Z_{k,k}$ – элементы матрицы узловых сопротивлений;

S_j – нагрузки узлов;

i, j, k – номера узлов;

U_6 – напряжение балансирующего узла.

5. Проверяют сходимость по близости модуля напряжения в выделенном узле к заданному.

Нами рассмотрен комбинированный алгоритм, сочетающий методы итерации и Больцано (метод половинного деления) для поиска реактивной мощности, обеспечивающей условие $|U_k(Q_k) - U_{зад}| = 0$.

Алгоритм был отработан на схеме малого объема. Возможна также реализация его для схемы с большим числом узлов нагрузок, что требует несколько больших навыков работы с пакетом MathCad.

Литература

1. Вычисления в MathCad / Д.А. Гурский. – Мн.: Новое знание, 2003. – 814 с.

СЕКЦИЯ 2. Электрические станции

УДК 621.316

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ 10 КВ С ПРОВОДАМИ, ПОКРЫТЫМИ СШИТЫМ ПОЛИЭТИЛЕНОМ

Ломан М.С.

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор СТЕПАНЧУК К.Ф.

В работе выполнены и систематизированы теоретические и экспериментальные исследования по определению основных эксплуатационных характеристик проводов, покрытых сшитым полиэтиленом, при типовых эксплуатационных воздействиях. Проведено теоретическое обоснование и разработана методика, позволяющая рационально спланировать опыты по статистической оценке электрических характеристик проводов АСИ при минимуме образцов и испытаний.

Результаты экспериментов и теоретические разработки позволили достаточно достоверно определить вольт-временные характеристики изоляции покрытых проводов в детерминированном и вероятностном вариантах:

– при напряжении 14 кВ и ниже пробоя не наблюдалось. Поэтому при рабочем напряжении ВЛП 10 кВ возможность пробоя между проводом и заземленным предметом или между проводами практически исключена;

– при напряжении 24 кВ и выше, что соответствует возможному уровню перенапряжений при замыкании фазы на землю, вероятен пробой покрытия проводов в дефектных местах. Вероятность попадания заземленного предмета на дефектный участок изоляции при сухой погоде достаточно невелико, так как пробой в том случае всегда наблюдался непосредственно под заземленным предметом. По результатам экспериментов вероятность составила порядка 0,05. При испытаниях под дождем наблюдался пробой покрытия при напряжении 35 кВ в 20–30 см от заземленного предмета. Это увеличивает вероятность попадания дефектного участка в опасную зону в несколько раз;

– при атмосферных перенапряжениях (42 кВ и выше) пробой изоляции всегда возможен;

– при схлестывании проводов вероятность пробоя изоляции при рабочем напряжении и при коммутационных перенапряжениях практически исключена. Возможен пробой при атмосферных перенапряжениях.

Проведены расчеты напряжения прикосновения при падении дерева на покрытие провода ВЛП. При рабочем напряжении оно может достигать 140 В при сухой погоде и 400 В под дождем. При возможных внутренних перенапряжениях напряжение прикосновения увеличивается до 1400 и 2000 В соответственно. Это может вызвать разряд на человека или животное при приближении к дереву, упавшему на провод. Однако ток разряда ограничивается большим внешним сопротивлением системы покрытие-дерево и не превосходит 0,05–0,5 мА при сухой погоде и 3–15 мА при дожде. После контакта человека или животного с деревом напряжение прикосновения снижается до 0,5–5 В при сухой погоде и 30–150 В под дождем, если принять сопротивление человека или животного 10 кОм с учетом сопротивления обуви и одежды. При падении дерева на участок ВЛП у опор, где изоляция снята или шунтирована проводом из условий грозозащиты, ситуация ничем не отличается от падения дерева на голый провод ВЛ традиционного исполнения. Поэтому должны выполняться все требования современных норм и правил по устранению замыканию на землю.

УДК 621.315

ОЦЕНКА ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ ГИБКИХ ТОКОПРОВОДОВ 6–10 КВ

Пономаренко Е.Г.

Гибкие токопроводы 6–10 кВ применяются на электростанциях и в схемах электроснабжения крупных промышленных предприятий. Особенностью их конструкции является наличие нескольких проводов в фазе и междуфазных изолирующих распорок, предотвращающих схлестывание фаз в результате электродинамического действия токов короткого замыкания (КЗ). На напряжении 6–10 кВ сравнительно небольшое междуфазное расстояние, поэтому гибкие токопроводы особенно подвержены электродинамическому действию токов короткого замыкания. Недопустимое сближение и схлестывание фаз гибкого токопровода 10 кВ, например, имело место в схеме электроснабжения ОАО «Могилевхимволокно» (по данным службы энергетика завода и РУП «БелНИПИэнергопром»). Причем повреждение наступило при небольшом токе 13 кА и продолжительности КЗ (t_k) 1,2 с. Расчет электродинамического действия токов КЗ на гибкие провода регламентируется международным стандартом, изданным техническим комитетом 73 МЭК, и ГОСТ 30323-95, действующем в Беларуси. Но объяснить случаи схлестывания и недопустимого сближения фаз гибких токопроводов 10 кВ при небольших токах КЗ указанные ГОСТы в полной мере не могут. В качестве критерия электродинамического действия токов КЗ ПУЭ вводит величину тока КЗ в 20 кА. Очевидно, что при этом не учитывается продолжительность и другие характеристики КЗ, расстояние между фазами и размеры пролета, влияющие на схлестывание фаз.

С учетом всего вышесказанного потребовалось математическое моделирование динамики токопровода в пределах целого пролета с учетом влияния гирлянд, распорок и геометрических особенностей его конструкции. Для этого на кафедре «Электрические станции» БНТУ был разработан численный алгоритм и компьютерная программа расчета сближения фаз гибких токопроводов 6–10 кВ в режиме двухфазного КЗ.

В разработанном численном алгоритме движение провода как упругой механической системы на участках между распорками и гирляндами под воздействием распределенных ЭДУ описывается нелинейными дифференциальными уравнениями в частных производных

$$\frac{\partial T}{\partial s} \cdot \frac{\partial \bar{R}}{\partial s} + T \frac{\partial^2 R}{\partial s^2} + \bar{F} + \bar{P} = \rho \frac{\partial^2 R}{\partial t^2},$$

где \bar{R} – радиус-вектор, определяющий мгновенное пространственное положение провода в точках его крепления к конструктивным элементам гибкого токопровода 10 кВ;

T – модуль тяжения провода, Н;

s – дуговая координата по проводу, м;

\bar{F} – удельное электродинамическое усилие, Н/м;

\bar{P} – сила веса провода, Н/м;

ρ – масса 1 метра провода.

По разработанной компьютерной программе в качестве примера был выполнен расчет динамики фаз гибкого токопровода ОАО «Могилевхимволокно». По результатам расчета была произведена оценка влияния количества междуфазных распорок на размах колебаний фаз в пролете длиной 80 м. При одной распорке, установленной в середине пролета, и токе КЗ равном 13,13 кА, электродинамическая стойкость гибкого токопровода обеспечивается только при небольшой продолжительности КЗ, не превышающей 0,1 с (рис. 1). При дальнейшем увеличении продолжительности КЗ расстояние между осями фаз при их сближении превышает минимально допустимое $A_{\min \text{ доп.}}$

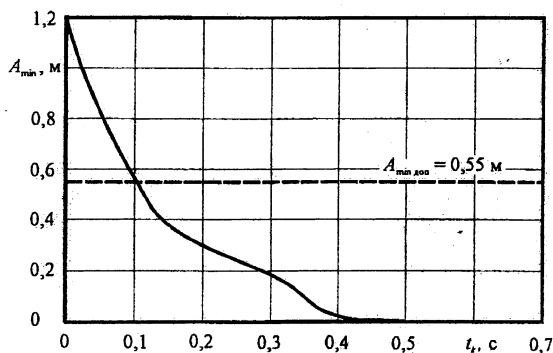


Рис. 1. Зависимость минимальных расстояний между осями соседних фаз A_{\min} от t_k при одной распорке в пролете в режиме двухфазного КЗ ($I_k^{(2)}=13,13$ кА)

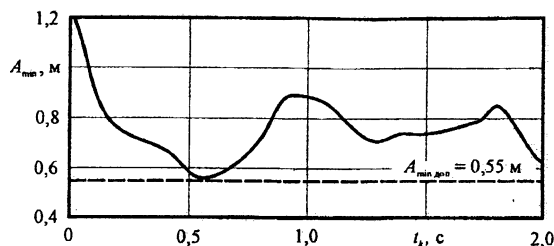


Рис. 2. Зависимость минимальных расстояний между осями соседних фаз A_{\min} от t_k при двух распорках в пролете в режиме двухфазного КЗ ($I_k^{(2)}=13,13$ кА)

Установка двух междуфазных распорок в 1/3 и 2/3 частях пролета существенно ограничивает размах колебаний проводов: наибольшее горизонтальное отклонение средней точки фазы в пролете при $t_k = 1,0$ с составляет 0,315 м. Из рис. 2 видно, что электродинамическая стойкость гибкого токопровода обеспечивается во всем рассматриваемом диапазоне t_k от 0,1 до 2,0 с.

Также сделано заключение о том, что в конструкции гибкого токопровода принят слишком большой шаг расщепления: $a_p = 0,4$ м. Его можно уменьшить до 0,12 м с использованием типовой распорки для ОРУ 110 кВ. В этом случае допустимый размах колебаний проводов составит 0,93 м вместо 0,65 м. В результате указанного технического решения при токе КЗ 13,13 кА и одной распорке в пролете недопустимое сближение фаз будет только при $t_k = 0,2$ с (см. рис. 1). При двух распорках пролете будет

большой запас электрической прочности промежутков между фазами (см. рис. 2).

С использованием компьютерной программы составлен обобщенный график зависимостей максимального допустимого расстояния между междуфазными изолирующими распорками ($L_{\max \text{ доп}}$) от величины тока электродинамической стойкости пролета ($I_{эд}$) для разных продолжительностей КЗ t_k (рис. 3). Из него можно определить для конкретного пролета, не прибегая к сложным компьютерным расчетам.

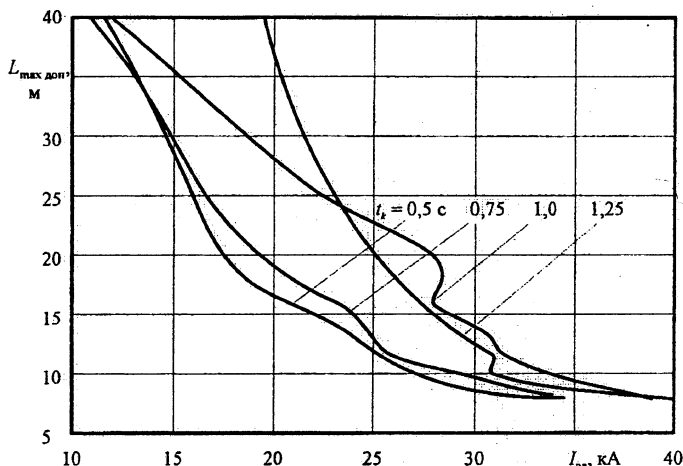


Рис. 3. Зависимости максимального допустимого расстояния между междуфазными изолирующими распорками $L_{\max \text{ доп}}$ от тока электродинамической стойкости $I_{эд}$ для разных продолжительностей КЗ

УДК 621.332.3

ЭКСПЛУАТАЦИЯ КОНТАКТНОЙ СЕТИ ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ В ТЯЖЕЛЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Дерюгина Е.А.

Научный руководитель – КЛИМКОВИЧ П.И.

Электрифицированная железная дорога является потребителем первой категории и перерыв электроснабжения вызывает нарушения графика движения поездов. В отли-

чие от всех устройств системы электроснабжения, контактная сеть не имеет резерва, но она должна обеспечивать надежный бесперебойный токосъем при заданных скоростях движения и различных климатических режимах. Утяжеленные условия работы контактной сети возникают при низких температурах, образовании гололеда и появлении изморози на проводах контактной сети, воздействие ветра, при одновременном воздействии нескольких факторов.

При эксплуатации контактной сети в режиме низких температур создаются условия, осложняющие работу полукомпенсированных цепных подвесок и воздушных линий, так как тяжение несущих тросов и других некомпенсированных проводов значительно увеличивается, а стрелы провеса контактных проводов получают отрицательные значения. В результате контактный провод приближается к основному стержню фиксатора, ухудшается качество токосъема и возможны удары токоприемников по фиксаторам. Повышенное натяжение может вызвать обрыв несущего троса и других проводов, а значительные отрицательные стрелы провеса могут привести к поджатию токонесущих проводов к заземленным конструкциям.

Работа контактной сети и процесс токосъема значительно усложняются при гололеде. При гололеде ухудшается, а иногда прерывается контакт между контактным проводом и полозами токоприемников. В ряде случаев образуется электрическая дуга, которая повреждает контактирующие поверхности, вызывает пережог контактных проводов и их обрыв. В условиях гололеда увеличивается нагрузка на провода, что при полукомпенсированных подвесках приводит к значительному увеличению натяжения несущих тросов, а при компенсированных вызывает большие стрелы провеса проводов.

Слой льда с проводов контактной сети удаляют, плавя его электрическим током или применяя механические средства. Первый способ используют обычно только для главных путей, где площадь сечения контактных подвесок на всем протяжении между тяговыми подстанциями имеет одно и то же значение. На дорогах переменного тока движение поездов во время плавки можно не прерывать, но должно быть исключено замыкание секционных изоляторов на съездах между главными путями. На дорогах постоянного тока движение поездов из-за недостаточного напряжения временно прекращают. На участках постоянного тока в гололедных районах осуществляют профилактический подогрев проводов контактной сети без прекращения движения поездов, для этого используют специальный прогревочный агрегат. Прогревочный ток проходит по подвескам обоих путей, соединенным у поста секционирования. Для электроснабжения поездов используется рабочий агрегат, подключаемый только к подвеске одного пути. Для устранения льда механическим способом применяют токоприемники с вибрационной установкой, смонтированную на специальном полозе, расположенном на переднем токоприемнике вместо нормального полоза, так же используются устройства для механической очистки льда, располагаемые на изолированной вышке.

Опасные повреждения контактной сети вследствие воздействия ветра возникают при сходе контактного провода с полоза токоприемника. Провод попадает под полоз, и токоприемник при движении срывает струны и фиксаторы, разрушается сам и может вызывать обрыв контактного провода. В местах, подверженных особенно сильным ветровым воздействиям, при наличии в цепной подвеске двух контактных проводов монтируют ветроустойчивую ромбовидную подвеску. На линиях с одним контактным проводом можно применить ветроустойчивую цепную подвеску с оттяжными тросами, где на основных стержнях фиксаторов устанавливают ролики, с помощью которых оттяжными тросами контактный провод подтягивается ближе к оси пути.

При образовании на проводах асимметричного гололедного осадка и ветровом воздействии на них могут возникнуть автоколебания с весьма значительным размахом колебаний (до 1 м и более) – пляска проводов. В результате пляски происходят замыка-

ния между токоведущими частями и заземленными элементами контактной сети, обрывы проводов, износ линейной арматуры и пр. Для предотвращения пляски применяют разбивку опор с пролетами разной длины, а также ромбовидную контактную подвеску. Эффективным средством борьбы с пляской является установка в отдельных пролетах контактной подвески между несущим тросом и контактным проводом демпферов. Снижению амплитуды колебаний способствуют простые опорные струны, применяемые в опорных узлах совместно с рессорными тросами, аэродинамические гасители в виде пластин, устанавливаемых на несущем тросе, или навиваемых на него проволока диаметром 2–3 мм.

Таким образом, еще на стадии проектирования контактной сети электрифицированной железной дороги необходимо принятие верных параметров и технических требований на элементы контактной сети, обеспечивающих ее надежную работу в условиях эксплуатации при тяжелых метрологических условиях.

УДК 621.316

ИССЛЕДОВАНИЕ САМОЗАПУСКА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 6 КВ СОБСТВЕННЫХ НУЖД ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Альховик П.В., Касперович Т.В., Янушкевич О.С.

Научный руководитель – ГЛИНСКИЙ Е.В.

Сохранение собственных нужд (СН) электрических станций является необходимым условием для обеспечения надёжного энергоснабжения потребителей и безопасной эксплуатации агрегатов при любых видах аварий. Недопустимой является потеря СН даже на краткое время. Важное значение имеет информация о том, как будут вести себя в аварийных ситуациях электрические двигатели, подключенные к секциям собственных нужд.

Теоретические расчёты самозапуска электрических двигателей СН трудоёмки и неточны вследствие значительных упрощений физических процессов, происходящих в электрических двигателях. Практические испытания самозапуска электрических двигателей СН также обладают недостатками: вывод испытываемой части оборудования из работы, ограничение возможных ситуаций самозапуска электрических двигателей СН и т. д.

На кафедре «Электрические станции» БНТУ был разработан программный комплекс, предназначенный для расчёта самозапуска электродвигателей напряжением 6 кВ собственных нужд ТЭЦ и КЭС. Программный комплекс включает в себя программу-диспетчер, отдельные программные блоки и базу данных.

В базе данных содержится информация, необходимая для расчета самозапуска электродвигателей.

Программа-диспетчер и отдельные программные блоки позволяют выполнять операции с базой данных, формируют расчетную схему для каждого конкретного расчета на основании информации, содержащейся в базе данных, выполняют расчет самозапуска электродвигателей и отображают результаты расчета.

При расчетах самозапуска электродвигателей автоматически выполняются расчеты: исходного установившегося режима, режима короткого замыкания, группового выбега электродвигателей в бестоковую паузу и групповой самозапуск электродвигателей после восстановления напряжения.

Особенностью программного комплекса является наличие базы данных, содержащей сведения об основных и резервных трансформаторах СН ТЭЦ, о секциях рас-

пределительных устройств (РУ) СН ТЭЦ, связях между секциями, об электродвигателях, механизмах СН и шинопроводах. Информация в базе данных ограничена данными, необходимыми для расчетов самозапуска электродвигателей.

Результаты расчетов самозапуска электродвигателей выдаются на экран монитора ПЭВМ в виде графиков изменения напряжений секции и сборок, токов, протекающих от источников питания к секции и сборкам, скоростей вращения электродвигателей в процессе самозапуска. Исходные данные для каждого конкретного расчета формируются в виде таблиц, содержащих условия расчета и необходимые пояснения.

Для конкретных условий Минской ТЭЦ-4 с помощью программного комплекса выполнялись расчеты самозапуска электродвигателей собственных нужд электростанции. Для отдельных секций РУ СН станции определялось допустимое время перерыва питания в зависимости от величины напряжения на резервном источнике питания. Критерием допустимой длительности перерыва питания являлся успешный самозапуск электродвигателей.

Литература

1. Методические указания по испытаниям электродвигателей собственных нужд электростанций и расчетам режимов их работы. Часть 2. Приложение 1. Расчет режимов работы электродвигателей собственных нужд при перерывах питания. – М.: Союзтехэнерго, 1983.

2. Методические указания по испытаниям электродвигателей собственных нужд электростанций и расчетам режимов их работы. Часть 3. Приложение 2. Технические данные и характеристики агрегатов собственных нужд. – М.: Союзтехэнерго, 1983.

УДК 621.3

РАЗЛІК ТОКАЎ КАРОТКАГА ЗАМЫКАННЯ Ў СХЕМАХ АПЕРАТЫЎНАГА ПАСТАЯННАГА ТОКА

Ламейка В.С., Семечка Е.В., Шавель Н.М.
Нявуковы кіраўнік – дацэнт БОБКА М.М.

Надзейнасць работы прыстасаванняў рэлейнай засцярогі і аўтаматыкі энергасістэмы ў значнай ступені вызначаецца надзейнай работай схемы аператыўнага пастаяннага тока (АПТ). Пры разліку токаў кароткага замыкання (КЗ) ў схемах АПТ, у адпаведнасці з [1], неабходны ўлік наступных фактараў:

- а) спад у часе тока КЗ, які аддае акумулятарная батарэя (АБ);
- б) цеплавы спад тока КЗ, абумоўлены змяненнем супраціўлення кабеляў у выніку іх нагрэву токам КЗ;
- в) улік параметраў дугі у месцы КЗ.

На кафедрах "Электрычных станцый" БНТУ былі распрацаваны новыя метадычныя ўказанні і праграма для персанальнага камп'ютара, якія задавальняюць патрабаванням [1]. Указанні і праграма арыентаваны на выкарыстанне іх ў адпаведных службах прадпрыемстваў энергасістэмы і маюць наступныя асаблівасці.

Тока КЗ з'яўляецца функцыяй часу. Для гэтага ўвесь час існавання КЗ разбіваецца на роўныя інтэрвалы. У канцы кожнага інтэрвала разлічваецца новае ўнутранае супраціўленне і новая велічыня электрарухаючай сілы АБ, новыя супраціўленні кабляў, абумоўленыя ўх нагрэвам. Ток, які аддае АБ, разлічваецца па алгарытму, які прыведзены ў [1], пры гэтым улічваецца электрахімічныя працэсы ўнутры АБ пры разрадзе яе токам КЗ. Для кожнага моманту часу разлічваецца два значэнні тока КЗ: максімальнае, якое адпавядае металічнаму КЗ, і мінімальнае, якое адпавядае замыканню праз дугу. Параўнанне праведзеных ў гэтай рабоце разлікаў токаў КЗ па распрацаванай праграме з

вынікамі, атрыманымі па [2], паказалі, што токі КЗ, разлічаныя па [2], знаходзяцца ў прамежку паміж максімальным і мінімальным значэннямі токаў КЗ, атрыманых па [1].

У праграме прадугледжана база дадзеных, куды заносіцца існуючая схема АПТ энергааб'екта з параметрамі АБ, кабеляў, камутацыйных апаратаў і плаўкіх засцерагальнікаў. У выніку работы праграмы, акрамя ўзроўняў токаў КЗ, выдаецца інфармацыя аб тэрмічнай ўстойлівасці кабеляў і аб селектыўнасці работы камутацыйных апаратаў.

Літаратура

1. ГОСТ 29176-91. Короткие замыкания в электроустановках. Методика Расчета в электроустановках постоянного тока. – М.: Изд-во стандартов, 1992.
2. МУ 34-7-035-83. Методические указания по расчету защит в системе постоянного тока тепловых электростанций и подстанций. – М.: СПО Союзтехэнерго, 1983.

УДК 621.316.35

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОГРАНИЧЕНИЯ ПЛЯСКИ ПРОВОДОВ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ

Андрукевич А.П., Дерюгина Е.А.

Пляска возникает при образовании на проводах воздушных линий электропередачи асимметричного гололедного осадка и ветровом воздействии на них. Во время пляски провода движутся в вертикальной плоскости со значительной амплитудой колебания и низкой частотой. В результате пляски происходят замыкания между проводами и между проводами и тросами, обрывы проводов, износ линейной арматуры и пр. Значительный ущерб от пляски проводов инициировал ее теоретические, экспериментальные и полевые исследования.

До сегодняшнего дня было разработано много оригинальных решений по ограничению пляски проводов, но никаких однозначных решений по борьбе с этим явлением не было найдено. Идеальным решением был бы, новый тип многожильного провода с большим внутренним амортизационным соотношением, но, к сожалению, существующие провода имеют очень низкое амортизационное соотношение.

В настоящее время имеется три основных класса предложений по борьбе с пляской проводов.

Первый – на наличие пляски может влиять электрическая нагрузка передаваемая линией, так как увеличение температуры может в целом предотвратить обледенение. Но для того, чтобы иметь достаточный уровень температуры, требуется увеличение мощности передачи, что вызывает большие потери для энергосистемы.

Второй – увеличить запас прочности конструкции и видоизменить конфигурацию линии передач – увеличение изоляционного промежутка, с целью устранения опасных сближений проводов. Это дорого, однако это широко применяется, так как надежных методов подавления пляски проводов на данный момент не существует.

Третий – добавить механические устройства (гасители) на воздушные линии, активно воздействующие на процессы гололедообразования и пляски проводов.

Более детально в докладе рассмотрен третий класс, как для одиночного провода, так и для расщепленного.

В третий класс включены устройства ограничения пляски проводов: направленные на увеличение энергии потерь при колебаниях проводов; связанные с уменьшением активной энергии при пляске за счет изменения формы отложения в процессе гололедообразования; связанные с уменьшением активной энергии путем принудительного воздействия на линейные и крутильные движения провода.

Для расщепленных проводов используются распорки с вращающимися зажимами с которыми установлены эксцентричные грузы, как и на одиночных проводах. Широко используется комбинация различных способов подавления пляски проводов. В Бельгии разработан новый демпфер пляски расщепленных проводов типа TDD, сочетающий принципы расстройки маятниковой системой и демпфирования крутильных колебаний. TDD имеет динамическое действие способное избегать перемещения энергии от кручения к вертикальному движению. Ослабление скручивания с помощью TDD увеличивает критическую скорость ветра при которой начинается пляска. Гаситель прошел успешные испытания в полевых условиях и рекомендован для применения.

В связи с отсутствием надежных методов подавления и ограничения пляски проводов, в этой области требуются как теоретические, так и практические работы по созданию и применению устройств по борьбе с этим явлением.

УДК 621.314.222.6

О ПРИНЦИПАХ ВЫПОЛНЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ТРАНСФОРМАТОРА

Томкевич А.П.

Существующие дифференциальные защиты трансформаторов анализируют разность приведенных токов со стороны высшего и низшего напряжений и в случае превышения величины уставки, обусловленной различного рода небалансами, выдают сигнал на отключение трансформатора. Традиционно выполняется общая защита для всех обмоток, требующая учета схем соединения обмоток, отстройки от аномальных режимов и работы устройства РПН, что приводит к увеличению тока срабатывания. Такой подход позволяет независимо решать вопросы проектирования трансформатора и его релейной защиты.

Теоретически возможна реализация дифференциальной защиты индивидуально для каждой из обмоток. Это техническое решение требует изменений в конструкции трансформатора – установку дополнительных трансформаторов тока (ТТ), а также большего числа измерительных органов, что приводит к его экономической неэффективности.

Основным аномальным режимом, обуславливающим значительный коэффициент отстройки при расчете тока срабатывания, является бросок тока намагничивания (БТН), возникающий при включении трансформатора или при устранении внешнего короткого замыкания и превышающий номинальный ток трансформатора ($I_{ном}$) в 6–8 раз [1].

Разработанные способы отстройки от БТН и сверхтоков внешних КЗ [1, 2] с использованием быстронасыщающихся трансформаторов (реле РНТ-56х) и торможением от токов плеч (реле ДЗТ-11) обеспечивают ток срабатывания защиты порядка $(1–1,2)I_{ном}$. В случае применения реле, дополнительно реализующих принципы распознавания сигналов (ДЗТ-21 или устройства ЯРЭ-2201 на микроэлектронной базе) удастся достичь тока срабатывания в пределах $(0,3–0,7)I_{ном}$.

В современных цифровых защитах трансформаторов получило развитие второе направление. Фактически переход на новую элементную базу позволил адаптивно выбирать плечо торможения, улучшить характеристики фильтрации сигнала и осуществлять контроль по следующим критериям: процентное содержание второй гармоники в первичном токе и характерной форме кривой тока при БТН, что привело к снижению тока срабатывания защиты до $(0,15–0,4)I_{ном}$. Как и предшественники, цифровые защи-

ты не всегда реагируют на витковые замыкания обмоток – для ликвидации таких режимов предусмотрена газовая защита. Добиться удовлетворительной чувствительности к витковым замыканиям удалось лишь для определенного вида повышающих трансформаторов [2].

В настоящее время основными задачами исследований в области совершенствования дифференциальных защит трансформатора являются уменьшение тока срабатывания защиты до величин $(0,03 - 0,1)I_{ном}$ и обеспечение 100 %-ной защитоспособности объекта.

Цифровая элементная база открывает перед разработчиками новые возможности – использование математических моделей не только для исследований режимов работы оборудования, но и для построения на их базе непосредственно устройств релейной защиты. Это преимущество уже используется для реализации тепловых защит двигателей, генераторов, трансформаторов и др. оборудования. Решение тепловой модели объекта позволяет отказаться от применения тепловых датчиков, контролировать температуру в труднодоступных местах. Используемые математические модели характеризуются относительной простотой, а существенная инертность процессов позволяет не учитывать влияние импульсных помех и не требует значительных вычислительных мощностей.

Разрабатываемый алгоритм функционирования устройства релейной защиты трансформатора от внутренних повреждений, выполненного на основе математической модели, сохраняет дифференциальный принцип. Основопологающим отличием от существующих защит является сравнение (вычитание) трансформированных реальных первичных токов и вычисленных «модельных» токов трансформатора. Такой подход не требует отстройки от аномальных режимов, т. к. они воспроизводятся математической моделью.

Ключевые задачи, возникающие при реализации описанной защиты состоят в следующем:

- модель трансформатора должна гарантированно решаться в реальном времени (за 0.2–0.5 мс) и содержать в себе наименьшую погрешность;
- необходимость использования моделей ТТ, позволяющих уточнить вторичные токи ТТ при их насыщении;
- необходимость использования цепей напряжения для получения сведений о текущем режиме энергосистемы (исходные данные для модели трансформатора);
- наличие адекватных и простых аппроксимаций кривых намагничивания, а также конструктивных параметров силового трансформатора и трансформаторов тока.

Литература

1. Федосеев А.М., Федосеев М.А. Релейная защита электроэнергетических систем. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 528 с.
2. Засыпкин А.С. Релейная защита трансформаторов. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 240 с.

УДК 621.311

ВЫБОР ОГРАНИЧИТЕЛЕЙ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ 10–35 КВ

Булавина Т.А., Климович А.К., Вабищевич А.Г.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент РЖЕВСКАЯ С.П.

Правильный подбор ограничителей перенапряжений является очень важным, так как имеет решающее влияние на правильную работу ограничителя. Чаще всего причинами аварий ограничителей является не правильно проведенный их выбор.

Правильный подбор ограничителей без искровых промежутков заключается в правильном определении: длительно допустимого рабочего напряжения; номинального разрядного тока; способности поглощения энергии; устойчивости к короткому замыканию.

Подбор по длительно допустимому рабочему напряжению.

Касается ограничителей подключённых между фазой и землей.

Сеть с изолированной или резонансно-заземлённой нейтралью

$$U_c \geq U_m.$$

Если короткое замыкание на землю выключается в течение 10 секунд, то обязывает формула:

$$U_c \geq 0,75U_m.$$

Сеть с эффективно заземлённой нейтралью

$$U_c \geq 1,1 \frac{U_m}{\sqrt{3}}.$$

В первую очередь делается выбор длительно допустимого рабочего напряжения U_c , как наиболее важного параметра ограничителя. При выборе должны быть выполнены два основных условия:

– U_c должно быть больше сетевого напряжения, которое может долговременно появиться в условиях эксплуатации на зажимах ограничителя.

– Устойчивость к медленно изменяющимся перенапряжениям должна быть выше от ожидаемых в сети медленно изменяющихся перенапряжений, т. е. вольт-временная характеристика устойчивости ограничителя должна находиться выше значений ожидаемых перенапряжений, которые могут появиться в сети.

Выбор номинального разрядного тока.

В воздушных линиях среднего напряжения при отсутствии грозозащитных тросов существует вероятность непосредственного попадания молнии в линию. Разрядный ток в ограничителе обычно меньше чем грозовой ток. Импульсная волна в линии распространяется от места удара в обе стороны. Кроме того, появление перекрытия на изоляции линии приводит к отведению значительной части грозового тока в землю, а импульсная волна по пути протекания в линии поддаётся сильному гашению.

Экстремальные значения разрядного тока в ограничителе могут появиться при попадании молнии в линию поблизости от ограничителя. Вероятность появления определенного значения разрядного тока, вызванного непосредственным попаданием молнии в линию зависит от многих факторов таких как: уровень изоляции линии (линия на деревянных столбах с заземлённой или не заземлённой распоркой), уровень изоцеранничный в районе линии, расстояние удара от ограничителя и т. п.

Для защиты распределительных трансформаторов в линиях средних напряжений, без проведения четкого анализа системы сети, как общее указание надо принимать:

– В сетях, в которых расстояния между местами монтажа ограничителей не большие (ниже 5 км), достаточную защиту распределительным трансформатором обеспечивают ограничители 5 кА, даже в случае линии на деревянных столбах с не заземлённой распоркой.

– В других случаях нужно применять ограничители 10 кА.

– В каждом случае ограничители 10 кА обеспечивают высший уровень безотказности и низший уровень защиты.

Выбор способности поглощения энергии.

В каталогах часто ограничителям средних напряжений приписывается класс разряда длинной линии. Это следует из испытания действия, производимого на элементах из которых также часто строятся ограничители больших и наибольших напряжений и

это свидетельствует о том, что эти ограничители могли бы работать с длинными линиями передачи. Однако выбор класса разряда длинной линии не имеет практического применения в сетях средних напряжений. Способность поглощения энергии всех типов ограничителей GX, независимо от приписываемого им “класса разряда длинной линии”, значительно выше энергии, связанной с зарядом воздушной линии среднего напряжения.

В сетях средних напряжений, кроме энергии грозových разрядов, наибольшие энергии могут выделяться в ограничителе в случае выключения больших батарей конденсаторов или кабелей выключателями, в которых выступают вторичные зажигания дуги. В этом случае принимается коэффициент перенапряжения $k = 3$, а энергия определяется следующим уравнением:

$$E = \frac{1}{2} C \left[\left(3 \frac{U_m}{\sqrt{3}} \sqrt{2} \right)^2 - (U_r \sqrt{2})^2 \right],$$

где U_m – наибольшее напряжение сети;

U_r – номинальное напряжение ограничителя.

Для большинства случаев сети среднего напряжения, все типы ограничителей GX исполняют требования, возникающие из возможных энергетических опасностей ограничителя. Выбор ограничителя с соответствующей способностью поглощения энергии может быть необходим только в случае существования в сети очень больших батарей конденсаторов.

Класс устойчивости к короткому замыканию должен быть выше от ожидаемого значения тока короткого замыкания сети в месте монтажа ограничителя. Выбор требуемого класса устойчивости короткого замыкания гарантирует, что в случае повреждения ограничителя и протекания через него тока короткого замыкания сети корпус ограничителя не взорвется.

Правильный выбор ограничителей позволяет помимо прочего уменьшить воздушные изоляционные промежутки по сравнению с ПУЭ для РУ, защищенных разрядниками, и, сократив габариты РУ, получить значительный экономический эффект.

УДК 621.315

ПРИБЛИЖЕННАЯ ПРОВЕРКА СБЛИЖЕНИЯ И СХЛЕСТЫВАНИЯ ГИБКИХ ШИН В РЕЖИМЕ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ С УЧЕТОМ КОЭФФИЦИЕНТА УМЕНЬШЕНИЯ

Регино А.Н., Чернецкий П.А.

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор СЕРГЕЙ И.И.

В соответствии с требованиями Правил устройства электроустановок (ПУЭ) гибкие шины распределительных устройств (РУ) высокого напряжения следует проверить на недопустимое сближение или схлестывание при токах короткого замыкания (КЗ) в 20 кА и более. Под эгидой СИГРЭ Комитетом 23 «Подстанции» и его рабочими группами 23-02 и 23-11 проведены многолетние исследования проблемы сближения гибких шин РУ при КЗ. В результате согласованы и апробированы упрощенные и численные методы проверки сближения гибких шин, закрепленные в международном стандарте. Согласно указанному стандарту упрощенный расчет отклонений проводов базируется на их расчетной модели в виде физического маятника, т. е. твердого тела, недеформируемого при коротком замыкании. Максимальные отклонения проводов на стадии их

отталкивания и сближения принимаются равными между собой и не могут превышать заданную стрелу провеса провода.

Изучение опытных траекторий движения и осциллограмм горизонтальных отклонений проводов показывает, что при их отталкивании токами КЗ отклонения могут превышать стрелу провеса на 20–30 %, а при сближении их отклонения меньше стрелы провеса. С учетом опытных данных в БНТУ на кафедре «Электрические станции» разработан упрощенный метод расчета, учитывающий указанные особенности деформации проводов с помощью коэффициентов формы (K_ϕ) и уменьшения (K_y). Зависимости указанных коэффициентов от характеристик КЗ и геометрических размеров гибких шин получены с помощью вычислительного эксперимента по компьютерной программе.

С учетом K_ϕ и K_y условие недопустимого сближения или схлестывания проводов запишется в следующем виде

$$A_{\phi-\phi} - 2(K_\phi \cdot K_y \cdot Y_{\max} + r_p) \geq A_{\phi-\phi \min \text{ доп}},$$

где $A_{\phi-\phi}$, $A_{\phi-\phi \min \text{ доп}}$ – соответственно установленные ПУЭ расстояния между фазами и их минимальные допустимые значения при сближении проводов по рабочему напряжению;

r_p – радиус провода или расщепленной фазы.

Входящее в (1) Y_{\max} определяется по следующей формуле

$$Y_{\max} = \sqrt{(h + h_k)(2f_o - h - h_k)},$$

где h – высота подъема средней точки провода после отключения КЗ;

h_k – то же в момент отключения КЗ.

При

$$h + h_k > f_o;$$

$$Y_{\max} = f_o.$$

Таким образом, с помощью вычислительного эксперимента модифицированы упрощенный метод расчета и условие проверки сближения или схлестывания гибких шин РУ.

УДК 621.316.35

ИЗМЕНЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ КАК СРЕДСТВО БОРЬБЫ С ПЛЯСКОЙ ПРОВОДОВ

Дерюгина Е.А., Андрукевич А.П.

Научный руководитель – КЛИМКОВИЧ П.И.

Явление пляски, представляющее собой колебания проводов и грозозащитных тросов воздушных линий электропередачи (ВЛ), возникает обычно при ветре и отложении на проводах гололеда. Особенностью пляски являются значительная амплитуда вертикальных колебаний (3–5 м и более) и их низкая частота. Провода могут колебаться длительное время (до нескольких суток).

Частота колебания грозозащитного троса обычно существенно отличается от частоты фазового провода. В результате несинхронных колебаний происходят опасные сближения проводов между собой или провода и грозозащитного троса, что приводит к перекрытиям и оплавлениям поверхности провода. Перекрытия наблюдаются в боль-

шом количестве, и при интенсивной пляске ВЛ выводится из работы. При пляске также повышаются динамические нагрузки на элементы ВЛ, которые в некоторых случаях повреждают опоры, изоляторы и провода.

Интенсивное развитие строительства линий электропередачи высокого напряжения, связанное с созданием крупных энергетических систем и их объединений, делает проблему изучения пляски проводов и разработки мер борьбы с этим явлением особенно острой. Энергетические системы в настоящее время представляют собой сложные и дорогостоящие комплексы, и обеспечение достаточного уровня их надежности является важной задачей для бесперебойного снабжения потребителей электроэнергией. Вопросы исследования пляски проводов являются одним из аспектов общей проблемы надежности. Существенные нарушения электроснабжения, возникающие при пляске проводов, выдвигают задачу борьбы с этим явлением на первый план.

При выборе тех или иных средств борьбы с пляской проводов необходимо учитывать не только возможную их эффективность с точки зрения воздействия на колебательный процесс, но и такие показатели, как их стоимость, возрастание ветровых и гололедных нагрузок на провода при установке гасителей и т. д.

Одним из методов борьбы с пляской проводов являются предложения по изменению конструктивных параметров линий с целью устранения опасных сближений проводов такие как: чередование пролетов различной длины; сокращение длины пролета; повышенная разноска проводов; междуфазные распорки.

Чередование пролетов различной длины. Известно, что частота колебания при пляске зависит от длины пролета, числа полувольт, тяжения и линейной плотности провода. Для конкретной линии частоту можно изменить сокращением или увеличением длины пролета. При этом в соседних пролетах колебания будут происходить с разной частотой, и в результате взаимного влияния через подвесные гирлянды изоляторов можно ожидать снижения интенсивности колебаний. Эффективность этого мероприятия была проверена на электрифицированной железной дороге. Пролеты нормальной длины чередовались с пролетами, сокращенными на 7–10 %.

Сокращение длины пролета приводит к уменьшению амплитуды колебаний и может быть использовано на некоторых участках линии, где часто наблюдается пляска, путем установки дополнительных опор. Для одновременной реализации эффекта от чередования пролетов дополнительные опоры необходимо устанавливать не в середине пролетов, а с некоторым смещением. Это мероприятие является дорогостоящим и может иметь практическое значение при решении общей задачи по усилению прочности линий для повышения надежности при ветровых и гололедных воздействиях.

Повышенная разноска проводов предусмотрена ПУЭ как средство устранения опасных сближений проводов. Для ее реализации требуются опоры повышенной прочности с удлиненными траверсами. Для предотвращения схлестывания при пляске рекомендуется, чтобы вертикальное расстояние между фазами равнялось стреле провеса.

Междуфазные распорки предполагают установку изолирующих связующих элементов между проводами в пролете (рис. 1а). Наличие таких связей не устраняет пляски, но может приводить к синхронным колебаниям всех проводов как единой колебательной системы. Возможность междуфазных замыканий практически исключается. Это предложение может рассматриваться как одна из реальных мер борьбы с пляской, однако необходимо провести детальные исследования для оценки необходимого количества и мест установки распорок в пролете, а также для установления достаточности прочности существующих конструкций опор для восприятия увеличенных динамических нагрузок.

Для линии электропередачи до 35 кВ предлагается устройство, которое может рассматриваться как модификация междуфазной распорки (рис. 1б). Дополнительно к

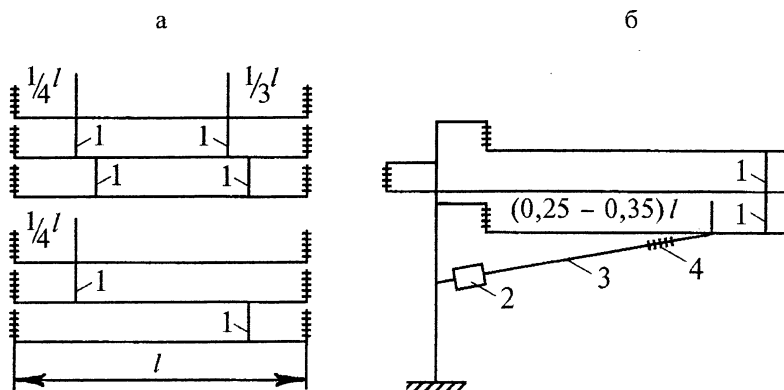


Рис. 1. Схемы установок изолирующих связей в пролетах ВЛ: а – междуфазные распорки; б – расчалка: 1 – распорки; 2 – демпфер; 3 – расчалка; 4 – изолятор

междуфазным распоркам, устанавливаемым в пролете, предлагается одну из фаз соединить через тросовую расчалку и изолятор к опоре. Между расчалкой и опорой помещается демпфирующий элемент для рассеяния энергии колебания. Расчалка крепится к фазовому проводу на расстоянии 0,25–0,35 длины пролета. Можно полагать, что узел колебания будет находиться в зоне крепления провода к расчалке. Это позволит избежать опасных одно- и двухполуволновых колебаний даже при отсутствии демпфирующего элемента. К недостаткам устройства следует отнести громоздкость конструкции и дополнительное возрастание ветровой и гололедной нагрузок.

Представленные способы борьбы с пляской проводов, за исключением установки междуфазных распорок, носят пассивный характер, не направлены непосредственно на подавление колебательного процесса, и их реализация связана с существенным удорожанием линии.

По сведениям СИГРЭ несмотря на выполненный большой комплекс исследований и положительный опыт применения различных средств подавления и ограничения пляски, отсутствует общее решение проблемы предотвращения пляски проводов. Поэтому в этой области требуются как теоретические, так и практические работы по применению устройств подавления пляски для ВЛ.

УДК 621.181

АНАЛИЗ ДАННЫХ ПО СОСТОЯНИЮ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ 110–330 КВ, ВВОДОВ 330 КВ СИЛОВЫХ АВТОТРАНСФОРМАТОРОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ПУТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО ТЕРМОГРАФА

Свистуленко А.В.

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор СТЕПАНЧУК К.Ф.

Эффективным методом выявления возможных повреждений является применение тепловизионной аппаратуры и термографических методов. Тепловизионный контроль и тепловизионная диагностика основана на том, что наличие некоторых видов дефектов высоковольтного оборудования вызывает изменение температуры участков поверхности дефектных элементов и, как следствие, изменение интенсивности собственного инфракрасного (ИК) излучения, которое может быть зарегистрировано тепловизионными приборами [1].

С 2000 года по 2004 год проведен термографический контроль измерительных трансформаторов тока 330 кВ в количестве 129 шт., измерительных трансформаторов

тока 110 кВ в количестве 30 шт., вводов 330 кВ силовых автотрансформаторов в количестве 16 шт., измерительных трансформаторов напряжения 330 кВ в количестве 60 фаз и их контактных соединений и участков ошиновки на ПС 330 кВ «Молодечно», ПС 330 кВ «Борисов», ПС 330 кВ «Восточная», ПС 330 кВ «Колядичи», ПС 750 кВ «Белорусская». Методом компьютерной термографии проведена оценка технического состояния электротехнического оборудования подстанций, выявлен ряд дефектов, возможные причины неисправностей. При обследовании работающего под напряжением маслonaполненного высоковольтного оборудования получена информация об его тепловом состоянии, распределении тепловых полей и их соответствии [2].

Проведение термографического контроля проводилось портативным компьютерным термографом ИРТИС-200 – сканирующим инфракрасным прибором для визуализации и измерения тепловых полей.

При ИК-контроле ТТ оценивается состояние внутренних и внешних контактных соединений, а при выполнении определенных условий по измеренным температурам на поверхности фарфоровой покрышки и состояние бумажно-масляной изоляции.

ИК-контроль проводился по методике, изложенной в [2 и 3].

При обследовании 129-х фаз ТТ 330 кВ и 30-ти фаз ТТ 110 кВ выявлены следующие дефекты и аномальные нагревы фарфоровых покрышек:

- повышенный нагрев первичной обмотки ТТ из-за роста переходных сопротивлений;

- повышенная температура в зоне аппаратного зажима шлейфа.

Выявлены три фазы разных присоединений трансформаторов тока 330 кВ с разницей температур по поверхности фарфоровой рубашки в 0,6–1°С, что не соответствует [2]. Причины не выявлены, так как не проводились дополнительные испытания по следующим причинам: несерьезность отношений к данным аномалиям; отбор проб трансформаторного масла на анализ из ТТ 330 кВ не предусмотрен заводом-изготовителем (герметичное исполнение). Принято решение провести повторный ИК-контроль через шесть месяцев и держать в поле зрения состояние этих аппаратов.

При обследовании 60-ти фаз ТН 330 кВ выявлены следующие дефекты и аномальные нагревы фарфоровых покрышек:

- превышение температуры нагрева нижнего каскада ТН 330 кВ относительно среднего и верхнего каскада. Причина не выяснена, рекомендовано взять пробу масла из нижнего каскада.

При обследовании 16-ти фаз вводов 330 кВ силовых автотрансформаторов выявлены следующие дефекты и аномальные нагревы фарфоровых покрышек:

- нагрев оголовника ввода 330 кВ фазы А АТ-2 ПС 330 кВ «Борисов». Превышение температуры по отношению к фазе В на 2,8°С. Причина: некачественная пайка шпилек фазы А.

Выводы:

1. При ИК-контроле трансформаторов тока 110–330 кВ [2] рекомендуют (и только рекомендуют) браковать ТТ, отличающиеся между собой на 0,3°С. Наличие такой разницы может указывать на начальную стадию развития распределенного дефекта или на сильно развитый местный дефект. А может указывать лишь на наличие остаточной намагниченности магнитопровода ТТ после отключения тока КЗ. Все эти обстоятельства необходимо немедленно выяснить на основе дополнительного обследования в объеме:

- ГХ-анализ газов, растворенных в масле;

- осциллографирование формы рабочего тока;

- снятие вольтамперной характеристики (ВАХ);

- измерение $\text{tg } \delta$ основной изоляции под рабочим напряжением, по результатам которого принять окончательное решение [1].

2. Повышенные перегревы ТН могут быть обусловлены следующими причинами:
 - дополнительными потерями в стали магнитопровода ТН;
 - увлажнением и загрязнением масла ТН;
 - конструктивными или технологическими факторами;
 - витковыми замыканиями в обмотках.

3. На вводах силовых автотрансформаторов тепловизионный контроль является вспомогательным и позволяет выявить только грубые дефекты, например, образование короткозамкнутых контуров в расширителе ввода или наличие дефектных контактных соединений. Выявляется также снижение уровня масла во вводе или, например, наличие препятствий для нормальной конвекции масла между изоляционным остовом ввода и его фарфоровой крышкой [4].

4. В целом при проведении ИК-контроля выше описанного высоковольтного оборудования выявлена основная причина повышенного нагрева – переходные сопротивления в зонах контактов. Учитывая, что в период измерения величины нагрузок по линиям 110–330 кВ были в пределах от 10 до 25 % от номинальных и квадратичная зависимость степени нагрева от токов нагрузки с ее ростом интенсивность нагрева сильно возрастет, поэтому повторное обследование нужно провести при нагрузке, близкой к номинальной. Поэтому, с учетом загрузки оборудования, сроком эксплуатации этого оборудования (более 20 лет), трудностями при проведении ИК-контроля на практике (различные побочные явления, то есть окружающая среда и атмосфера, неравномерное распределение загрязнения фарфора, разный цвет фарфоровых рубашек, погодные условия и др.) возможно следует пересмотреть существующие нормы испытаний и методику проведения ИК-диагностики – более упростить и повысить критерии браковки применительно к условиям Республики Беларусь.

Литература

1. Сборник материалов семинара "Методы и средства оценки состояния энергетического оборудования". Выпуск 17: "Методы и средства оценки состояния энергетического оборудования, зданий и сооружений на основе приема излучений в инфракрасном спектре" / Поляков В.С., Белоусов Ю.И., Осотов В.Н., Таджибаев А.И., Гасс А.А. / Издание Петербургского энергетического института повышения квалификации руководящих работников и специалистов. Минэнерго РФ. – СПб., 2002. – 127 с.
2. Нормы и объем испытаний электрооборудования Белорусской энергосистемы / Под общей редакцией комиссии: Кордуба В.Г., Сивца Л.М., Бабочкина В.Т. и др. / Концерн "БЕЛЭНЕРГО", НИГПИ "БелТЭИ". – Мн., 1999. – 242 с.
3. Бажанов С.А. Инфракрасная диагностика электрооборудования распределительных устройств. – М.: НТФ "Энергопрогресс", "Энергетик", 2000. – 76 с.
4. Поляков В.С. Технологии тепловизионной диагностики электрооборудования и опыт их использования (Сборник материалов семинара "Методы и средства оценки состояния энергетического оборудования". Выпуск 13: "Современные проблемы инфракрасной термографии"). – СПб.: Петербургский энергетический институт повышения квалификации, 2001.

УДК 621.315

ПРОВЕРКА СХЛЕСТЫВАНИЯ ГИБКОЙ ОШИНОВКИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ПО ДОПУСТИМОМУ ИМПУЛЬСУ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ УСИЛИЙ

Царюк А.С., Яхновец Я.А.

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор СЕРГЕЙ И.И.

Межгосударственный стандарт СНГ на методы расчета электродинамического действия токов короткого замыкания (КЗ) на гибкие шины распределительных уст-

роЙств (РУ) регламентирует два условия. Первое основано на сравнении расчетных максимальных и допустимых отклонений, второе – расчетных максимальных и допустимых тяжений. В докладе обосновано дополнительное условие проверки на схлестывание гибких шин РУ по импульсу электродинамических условий (ЭДУ)

$$S_{\max} \leq S_{\text{дон}},$$

где S_{\max} – расчетный максимальный импульс двухфазного КЗ, Н·с;

$S_{\text{дон}}$ – допустимый импульс ЭДУ, Н·с.

Величина S_{\max} для заданного пролета гибких шин и характеристик КЗ определяется по следующему выражению

$$S_{\max} = 0,2 \frac{l}{a} K_l \left[I_{\text{но}}^{(2)} \right]^2 (t_k - T_a \cdot K_a),$$

где t_k – продолжительность КЗ, с;

T_a – постоянная времени цепи КЗ, с;

l – длина пролета, м;

a – расстояние между фазами, м;

$I_{\text{но}}^{(2)}$ – начальный периодический ток двухфазного КЗ, кА.

Поправочные коэффициенты K_l и K_a определяются по следующим выражениям

$$K_l = \sqrt{1 + \left(\frac{a}{l} \right)^2} - \frac{a}{l};$$

$$K_a = 1 - e^{-\frac{2t_k}{T_a}}.$$

Основное условие проверки схлестывания гибких шин РУ имеет следующий вид

$$A_{\phi-\phi} - 2(Y_{\max} + r_p) \geq A_{\phi-\phi \text{ min don}}, \quad (1)$$

где $A_{\phi-\phi}$, $A_{\phi-\phi \text{ min don}}$ – соответственно установленные нормами расстояния между фазами, а также их минимальные допустимые значения при сближении проводов по рабочему напряжению.

Из (1) получим выражение для допустимых горизонтальных отклонений проводов

$$Y_{\text{дон}} = 0,5(A_{\phi-\phi} - A_{\phi-\phi \text{ min don}}) - r_p.$$

Уравнение энергетического баланса провода связывает допустимый импульс ЭДУ и допустимый угол его отклонения $\alpha_{\text{дон}}$ от первоначального положения. В свою очередь угол $\alpha_{\text{дон}}$ связан с $Y_{\text{дон}}$ следующим соотношением

$$\cos \alpha_{\text{дон}} = \frac{\sqrt{f_0^2 - Y_{\text{дон}}^2}}{f_0},$$

где f_0 – стрела провеса провода.

В результате получим формулу для определения допустимого импульса ЭДУ

$$S_{\text{дон}} = 3,3 \cdot M \cdot \sqrt{f_0 - \sqrt{f_0^2 - Y_{\text{дон}}^2}}, \quad (2)$$

где M – общая масса токоведущих конструкций с гибкими проводами, кг.

Простая структура формулы (2) позволяет выполнить расчет $S_{\text{дон}}$ для типовых пролетов ОРУ 110–330 кВ. Например, для пролета ОРУ 110 кВ длиной 27,5 м $S_{\text{дон}} = 116,7$ Н·с. Ему соответствует $I_{\text{дон}} = 17,1$ кА. Компьютерный расчет при указанном токе дает $Y_{\text{дон}} = 1,05$ м. При $Y_{\text{дон}} = 1,012$ м погрешность $\Delta Y = 3,8$ %.

Таким образом, получено дополнительное условие проверки недопустимых отклонений и сближений гибкой ошиновки РУ, достоверность которого подтверждена компьютерными расчетами.

УДК 620.9

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Дерюгина Е.А., Лось Ю.Н.

Научный руководитель – КЛИМКОВИЧ П.И.

Солнечная радиация – это неисчерпаемый возобновляемый источник экологически чистой энергии. На Землю попадает незначительная доля излучаемой Солнцем энергии. Верхней границы атмосферы Земли за год достигает поток солнечной энергии в количестве $5,6 \cdot 10^{24}$ Дж. Атмосфера Земли отражает 35 % энергии обратно в космос, а остальная энергия расходуется на нагрев земной поверхности, испарительно-осадочный цикл и образование волн в морях и океанах, воздушных и океанских течений и ветра. Годовое количество поступающей на Землю солнечной энергии составляет $1,05 \cdot 10^{18}$ кВт·ч, причем на поверхность суши приходится 1/5 часть этой энергии. К этому добавляются энергия ветра и другие косвенные виды солнечной энергии.

В области энергетических ресурсов и производства энергии существует угроза истощения запасов топлива, что заставляет заблаговременно изыскивать новые, достаточно мощные источники энергии. Кроме того, весьма остро стоит вопрос о защите окружающей среды, поскольку развитие промышленности ведет к необратимым нарушениям существующего в природе равновесия. Новый энергоисточник, призванный заменить ископаемое топливо и обеспечить энергетические потребности будущего, должен быть не только достаточно мощным, но и достаточно "чистым". На современном уровне развития науки и техники весьма перспективными представляются два энергоисточника: управляемый термоядерный синтез и солнечная энергия.

Проблема использования солнечной энергии сегодня привлекает к себе пристальное внимание мировой общественности. Исследования в области использования солнечной энергии упоминаются в межгосударственных и многосторонних соглашениях по научно-техническому сотрудничеству. Солнечное излучение по своим энергетическим ресурсам вполне способно удовлетворить энергетические потребности будущего. Солнечная энергия является исключительно "чистым" видом энергии. Солнечную энергию можно использовать либо непосредственно для обогрева домов, либо косвенно – для генерирования электричества.

Использование солнечной энергии для получения тепла – один из самых простых и привлекательных способов ее применения. Однако ее большая рассеянность и нестабильное поступление требует создания практически во всех установках, использующих солнечное излучение, специальных концентраторов энергии и аккумулирующих устройств. Улавливание и преобразование солнечной энергии в теплоту осуществляется с помощью оптической системы отражателей и приемника сконцентрированной солнечной энергии, используемой для получения водяного пара или нагрева теплоносителя.

Основным конструктивным элементом солнечной установки является коллектор, в котором происходит улавливание солнечной энергии, ее преобразование в теплоту и нагрев теплоносителя. Различают два типа коллекторов: плоские и фокусирующие.

Работа плоского коллектора солнечной энергии (КСЭ) основана на принципе "горячего ящика". Для его изготовления необходима лучепоглощающая поверхность, имеющая надежный контакт с рядом труб или каналов для движения нагреваемого теплоносителя. Совокупность плоской лучепоглощающей поверхности и труб для тепло-

носителя образует единый конструктивный элемент – абсорбер. Для лучшего поглощения солнечной энергии верхняя поверхность абсорбера должна быть окрашена в черный цвет или иметь специальное поглощающее покрытие. Снижение тепловых потерь от абсорбера в окружающее пространство достигается путем применения тепловой изоляции, закрывающей нижнюю поверхность абсорбера, а также светопрозрачной изоляции, размещаемой над абсорбером. Все помещается в корпус и производится уплотнение прозрачной изоляции – остекления. Максимальная температура теплоносителя в плоском коллекторе не превышает 100°C и зависит как от климатических данных, так и от характеристик коллектора и условий его эксплуатации. К числу принципиальных преимуществ плоского КСЭ относится его способность улавливать как прямую, так и рассеянную солнечную энергию и как следствие этого – возможность его стационарной установки без необходимости слежения за Солнцем.

При использовании концентраторов (зеркал или линз) достигается повышение плотности потока солнечной энергии, что имеет место в фокусирующих коллекторах солнечной энергии, требующих специального механизма для слежения за Солнцем. Обычно они применяются там, где требуются высокие температуры.

Кроме плоских и фокусирующих коллекторов разработаны и используются стеклянные трубчатые вакуумированные коллекторы, солнечные пруды, представляющие собой комбинацию КСЭ и аккумулятора теплоты. В настоящее время наиболее разработанным в научном и практическом плане является метод преобразования солнечной энергии в электрическую с помощью полупроводниковых солнечных элементов (СЭ).

Недостатком солнечного излучения как источника энергии является неравномерность его поступления на земную поверхность. Раньше вопрос аккумулирования электроэнергии, вырабатываемой с помощью солнечных фотоэлектрических установок (СФЭУ), подвергался критике при оценке перспектив крупномасштабной солнечной электроэнергетики вследствие необходимости равномерного энергоснабжения потребителей. Сегодня, благодаря успехам в области высокотемпературной сверхпроводимости, можно говорить о возможности создания сверхпроводящих накопителей электроэнергии, выполняемых в комплексе со сверхпроводящими линиями электропередачи. Радикальным способом избавления от неравномерности выработки электроэнергии на солнечных энергоустановках является размещение СФЭУ в околоземном космическом пространстве, где она практически все время будет освещена Солнцем и сможет вырабатывать больше электроэнергии, чем на Земле в самых благоприятных погодных условиях. Вырабатываемая электроэнергия может использоваться как в космосе на промышленных спутниках, так и транслироваться на Землю пучком СВЧ-излучения.

Более существенным недостатком солнечного излучения как источника энергии является его низкая плотность. Для выработки заметной электрической мощности необходимо собирать солнечное излучение с больших площадей, покрывая их дорогими полупроводниковыми солнечными элементами. Стоимость получаемой таким образом электроэнергии значительно превосходит стоимость электроэнергии, вырабатываемой традиционными методами. Именно это является основной причиной, сдерживающей развитие крупномасштабной солнечной электроэнергетики. Один из путей решения данной проблемы – снижение стоимости полупроводниковых материалов и СЭ.

Другой путь снижения стоимости солнечной электроэнергии – фотоэлектрическое преобразование концентрированного солнечного излучения. В этом случае требуемая площадь солнечных элементов и их стоимость могут быть снижены пропорционально кратности концентрирования солнечного излучения дешевыми концентраторами.

Развитие солнечной энергетики в стране даст независимый возобновляемый источник энергии неядерного происхождения и позволит внести вклад в решение национальных и международных проблем энергетики и экологии.

УДК 621.311.22.061.(075.4)

ПРОГРАММА-ТРЕНАЖЕР ПО ОПЕРАТИВНЫМ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯМ В ГЛАВНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМАХ ТЭС

Гейдич О.И., Черкас Е.В., Чернышев А.В.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент БУЛАТ В.А.

В последние годы большое внимание уделяется обучению обслуживающего персонала электрических станций с использованием программ-тренажеров для приобретения ими навыков работы в любых нормальных и аварийных режимах эксплуатации оборудования.

Разработана обучающая компьютерная программа-тренажер для помощи в приобретении навыков по производству оперативных переключений, а также для контроля знаний по производству оперативных переключений в главных электрических схемах ТЭС. Программа написана на языке программирования Turbo Pascal. Она представляет собой интерактивную оболочку, удобную для работы и позволяющую максимально ускорить процессы обучения и контроля знаний. С целью максимально упростить работу, в программе предусмотрен простейший вариант помощи пользователю, кратко знакомящий с устройством программы.

После запуска программы на выполнение перед пользователем появится меню, содержащее основные режимы программы:

- режим самостоятельных переключений;
- режим переключений на выбор;
- помощь;
- конец работы.

Выбор пунктов меню осуществляется клавишами-движками клавиатуры.

В режиме “Помощь” пользователь имеет возможность прочитать содержание файла HELP.TXT, в котором содержится краткое описание программы.

Режим “Конец работы” позволяет закончить работу в оболочке и сопровождается выходом в операционную систему.

В режиме “Самостоятельных переключений” пользователь имеет возможность самостоятельно выбирать переключаемый элемент из общих списков, содержащих все элементы данного типа (например, выключатели, разъединители и т. п.), изображенные на оперативной электрической схеме станции.

Режим “Переключений на выбор” несколько облегчает задачу пользователю, предлагая ему на выбор до 3-х возможных вариантов переключений (возможна мотивация каждого варианта). Данный режим наиболее предпочтителен, так как обучение в нем ускоряется за счет сокращения возможных вариантов переключений до 3-х, а значит, способствует большей концентрации внимания обучаемого на наиболее распространенных ошибках при переключениях.

После выбора пользователем одного из режимов переключений перед ним появится меню выбора схем, в которых он может производить переключения.

В программе предлагаются 3 схемы для производства в них переключений, это:

- 1) схема двухтрансформаторной подстанции;
- 2) полуторная схема;
- 3) двойная система шин с обходной.

После окончания работы по переключениям программа переводит экран в текстовый режим и сообщает рейтинг выполнения задания выраженный в процентах. Величина рейтинга зависит от количества допущенных ошибок. Рейтинг, равный 100 %, соответствует выполнению задания без ошибок. Рейтинг, равный 0 %, соответствует полному невыполнению задания, т. е. не было произведено ни одно правильное переключение.

Все схемы описываются на внутреннем языке программной оболочки и являются независимыми от нее модулями, которые могут быть изменены и дополнены. Возможно также описание новых схем, причем это не требует никаких изменений в самой программе.

В силу универсальности программы пользователь может использовать ее для переключений не только в схемах ТЭС, но и любых других. Например, возможно создание простейшей мозаики, различных игр и т. п. При введении в программу модуля с расчетами возможно моделирование различных процессов происходящих в электрических схемах и др.

Литература

1. Лезнов С.И., Тайц А.А. Обслуживание электрооборудования электрических станций и подстанций. Изд. 2-е, перераб. и доп. Учебник для профессионально-технических учебных заведений и подготовки рабочих на производстве. – М.: Высшая школа, 1972. – 328 с.
2. Неклепаев Б.Н. Главные схемы; схемы собственных нужд и конструкций распределительных устройств электростанций. – М.: МЭИ, 1973. – 158 с.
3. Бородич Ю.С. Разработка программных систем на языке Паскаль: Справ. пособие. – Мн.: Вышш. шк., 1992. – 143 с.

УДК 621.316

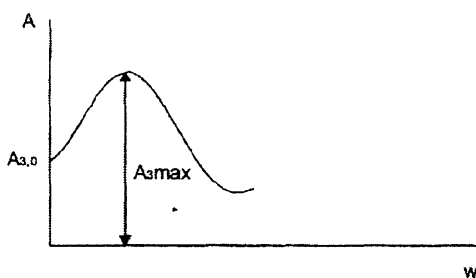
О СВЯЗИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Каравачкий А.В., Прилуцкий А.С., Матюшко А.А.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент РУМЯНЦЕВ В.Ю.

Качественные показатели в системах автоматического управления (САУ) обычно рассматриваются на основе анализа переходных процессов, вызванных внешним воздействием в виде единичного скачка.

Кроме прямых, требующих решения дифференциальных уравнений САУ, существуют косвенные оценки, позволяющие связать показатели качества непосредственно со значениями параметров САУ.



$$M = \frac{A_{3\max}}{A_{3,0}}$$

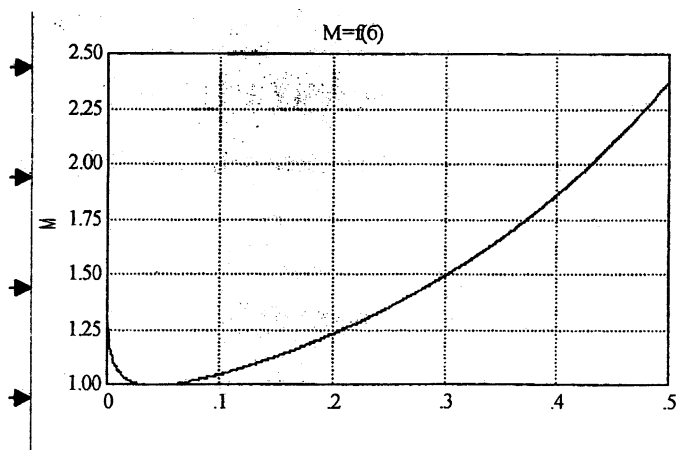
В частотных критериях, для оценки качества регулирования используется показатель колебательности M , определяемый по АЧХ замкнутой САУ:

Известно, что для удовлетворительного качества САУ перерегулирование σ должно быть на уровне 10–30 %, при этом $M = 1,1 + 1,5 \%$. Такие показатели часто приводятся в литературе, но аналитическая зависимость $M = f(\sigma)$ отсутствует. Для колебательного звена:

$$M = \frac{1}{2 \cdot \xi \cdot \sqrt{1 - \xi^2}} \text{ и } \sigma = e^{-\frac{\pi \cdot \xi}{\sqrt{1 - \xi^2}}}$$

где $\xi \leq \frac{\sqrt{2}}{2}$ – коэффициент относительного затухания колебательного звена.

Решая совместно вышеприведенные выражения, путём исключения ξ , можно получить зависимость:



$$M = - \left(\frac{\pi^2 + \ln^2 \sigma}{2 \cdot \pi \cdot \ln \sigma} \right)$$

Полученные результаты хорошо согласуются с приведенными выше диапазонами оценок.

УДК 621.3.066.6

РАСЧЕТ ТОКОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ В ПЛОСКИХ Т-ОБРАЗНЫХ КОНТАКТНЫХ СОЕДИНЕНИЯХ

Борисюк Д.К., Поливанчук А.В.

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор ГЕРАСИМОВИЧ А.Н.

Настоящая работа является продолжением [1]. В ней приводятся численные результаты расчета токораспределения в Т-образном контактном соединении (рис. 1).

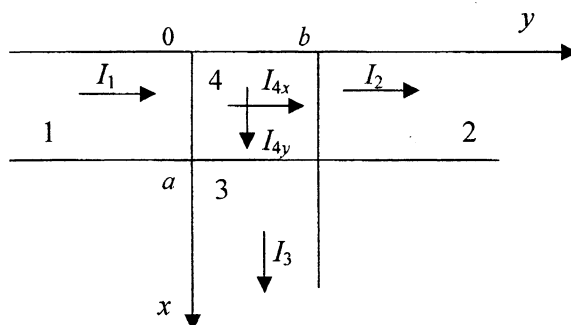


Рис. 1

Распределение линейной плотности токов в контактном узле находятся по формулам:

для тока I_{4x}

$$J_{mx4}(x, y) = \sum_{k=1}^{\infty} I_{mx4}^k \cdot \frac{P_{kx}}{2} \cdot \frac{ch \cdot P_{kx} \left(\frac{b}{2} - y \right)}{sh P_{kx} \frac{b}{2}} \sin k \omega_x x,$$

а для тока I_{4y}

$$J_{my4}(x, y) = I_{my2} \frac{\alpha}{2} \frac{\operatorname{ch} \alpha \left(\frac{a}{2} - x \right)}{\operatorname{sh} \alpha \frac{a}{2}} + \sum_{k=1}^{\infty} I_{my4}^k \frac{P_{ky}}{2} \frac{\operatorname{ch} P_{ky} \left(\frac{a}{2} - x \right)}{\operatorname{sh} P_{ky} \frac{a}{2}} \sin k \omega_y y,$$

где

$$\alpha = \sqrt{j \omega \gamma \mu}; \quad P_{kx} = \sqrt{j \omega \gamma \mu + (k \omega_x)^2}; \quad P_{ky} = \sqrt{j \omega \gamma \mu + (k \omega_y)^2};$$

$$I_{mx4}^k = I_{mx3} \frac{(-1)^{k+1}}{\pi} \cdot \frac{k \omega_x}{\alpha^2 + (k \omega_x)^2} \cdot \operatorname{cth} \alpha \frac{a}{2} \operatorname{sh} \alpha a;$$

$$I_{my4}^k = I_{my3} \frac{(-1)^{k+1}}{\pi} \cdot \frac{k \omega_y}{\alpha^2 + (k \omega_y)^2} \cdot \operatorname{cth} \alpha \frac{b}{2} \operatorname{sh} \alpha b;$$

$$\omega_x = \frac{\pi}{2a}; \quad \omega_y = \frac{\pi}{2b};$$

I_m^k – амплитуды пространственных гармоник тока при его разложении в ряд Фурье.

На основании приведенных выражений составлен алгоритм и программа расчета токораспределения в Т-образном контактном соединении плоских алюминиевых шин. Контактная область была на элементарные участки в центре которых рассчитывалась линейная плотность электрического тока. По программе были проведены расчеты для контактного узла размерами $100 \times 100 \text{ мм}^2$. Величина тока I_1 условно была принята за 1, а тока I_2 – 0,4. Результаты расчета для указанного случая приведены на рис. 2 в виде аксонометрического распределения плотности тока. Таким образом, разработанная программа позволяет производить расчет токораспределения в Т-образных плоских шинах.

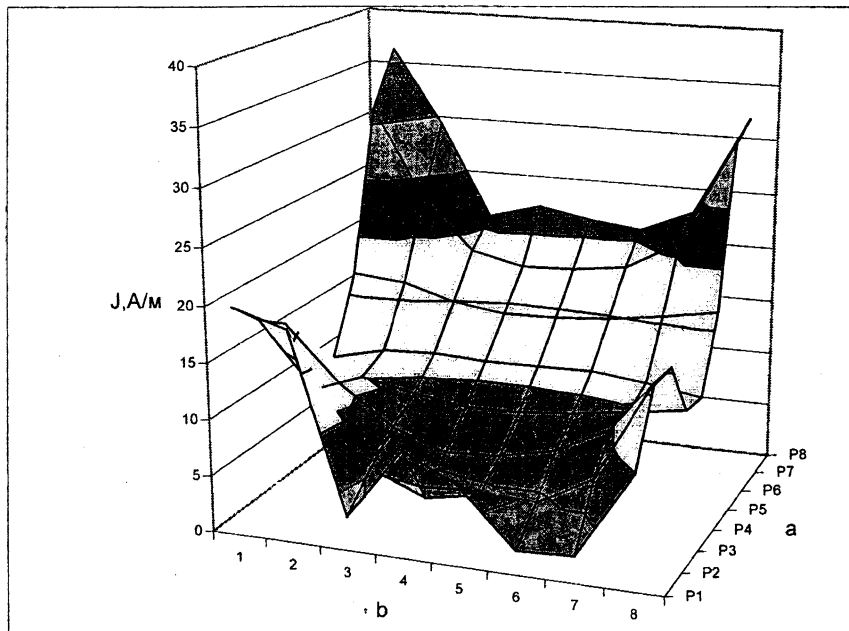


Рис. 2

Литература

1. Герасимович А.Н., Грудино С.В., Остроушко Т.В. Метод расчета токораспределения в плоских Т-образных контактных соединениях // Тезисы докладов НТК студентов и аспирантов. «Актуальные проблемы энергетики». – Мн.: Белорусский национальный технический университет, 2004. – С. 40–41.

УДК 621.3.0273

ИСПЫТАНИЕ ИЗОЛЯЦИИ КАБЕЛЕЙ 6–35 кВ ПОВЫШЕННЫМ НАПРЯЖЕНИЕМ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Лукуть П.С., Трипутень И.В., Коновалов Ю.О.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент КРАСЬКО А.С.

Испытание изоляции повышенным напряжением позволяет выявить дефекты изоляции, не обнаруженные другими методами. Применение для испытаний постоянного тока позволяет: во-первых, снизить мощность испытательной установки, так как мощность испытательной установки в этом случае определяется только током сквозной проводимости, во-вторых, уменьшается величина рассеиваемой в диэлектрике энергии, что уменьшает вероятность теплового пробоя и позволяет проверить запас прочности изоляции с точки зрения число электрического пробоя.

При выполнении испытаний на постоянном токе необходимо решить следующие технические вопросы:

- выбор мощности и схемы регулируемого источника постоянного тока;
- выбор методики измерения напряжения и токов утечки.

Высокое постоянное напряжение, с технической точки зрения, более целесообразно получить от установок переменного тока с помощью выпрямительного устройства.

В этом случае испытательная установка должна включать регулировочный автотрансформатор, повышающий автотрансформатор и высоковольтный выпрямитель.

Учитывая малое значение токов утечки по изоляции (50–1000 мкА) в качестве регулирующего устройства можно использовать автотрансформаторы типа РНО или им подобные.

Повышающий трансформатор должен обеспечить значения испытательного напряжения для кабелей 6–35 кВ в пределах 35–120 кВ. Для этих целей можно использовать измерительные трансформаторы напряжения типа НОМ-35 или НКФ-110-154.

Выпрямительное устройство целесообразно выполнять по однополупериодной схеме, а в качестве вентилях использовать высоковольтные электровакуумные диоды (ненотроны) или полупроводниковые высоковольтные диоды. В тех случаях, когда выходное напряжение повышающего трансформатора не достаточно по величине можно использовать схемы умножения выпрямленного напряжения.

Измерение испытательного напряжения можно осуществлять как на стороне высокого напряжения, так и на стороне низкого напряжения в зависимости от наличия соответствующих приборов. Приборы для измерения тока утечки должны обеспечить пределы измерения: 0–50–100 мкА, 0–250 мкА и 0–1000 мкА.

УДК 621.311

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ БЛОЧНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

Сахарчук А.Н., Чайчиц И.Н.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент СИЛЮК С.М.

При оптимизации режимов и расчетах технико-экономических показателей электрических станций исходной информацией являются расходные характеристики отдельных блоков. Общепринятые методы получения энергетических характеристик оборудования предполагают специальные испытания, связанные с большими затратами времени и средств, что делает невозможным их частичное проведение. Это приводит к

несоответствию характеристик действительному состоянию оборудования и, в конечном счете, отражается на экономичности работы электрической станции.

При измерении состояния котлоагрегата и турбины будет измеряться и расходная характеристика блока. В условиях эксплуатации на одной КЭС состояние однотипных агрегатов неодинаково, а, следовательно, неодинаковы и их характеристики. В зависимости от режимного состояния и величины нагрузки блоков расходная характеристика станций будет иметь различный вид.

Для расчета расходной характеристики блока использовался метод полного дифференциала функции многих переменных в приближенных вычислениях, позволяющий учитывать режимные параметры, соответствующие эксплуатационному состоянию.

В зависимости от режимного состояния и величины нагрузки расходные характеристики блоков имеют различный вид.

При покрытии суточного графика нагрузки, заданного станции энергосистемой, возможны три варианта распределения нагрузки между блоками станций: пропорциональное, произвольное и оптимальное.

Решение задачи по оптимальному распределению заданного графика нагрузки между блоками производилось на основе метода динамического программирования при условии, что расходные характеристики блоков $B_i(N_i)$ известны.

Критерий оптимальности

$$\min \sum_{i=1}^n B_i(N_i)$$

при заданных ограничениях

$$\sum_{i=1}^n N_i = N_{cm}; \quad (1)$$

$$N_i^{\min} \leq N_i \leq N_i^{\max}.$$

Условие (1) соответствует балансу мощностей, а неравенство отражает ограничения по условиям работы силового оборудования.

Минимум целевой функции определен по рекуррентному соотношению

$$h_k(N_{cm}) = \min[h_{k-1}(N_{cm} - N_k) + B_k(N_k)].$$

По данному алгоритму была составлена программа расчета расходной характеристики станции. Предметная методика позволяет рассчитать расходные характеристики блочных электростанций в ходе эксплуатации по режимным параметрам блоков без проведения специальных испытаний и решить вопрос оптимальной загрузки блоков.

УДК 621.316.1.064.2

ВЛИЯНИЕ ЭНЕРГОУСТАНОВОК ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Ткачева В.В., Урбан В.В., Прудинник Д.Л., Крюк А.В., Балмаков С.Н.

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор СТЕПАНЧУК К.Ф.

Линии 330, 500, 750 кВ – внушительные и своеобразно красивые сооружения. Глядя на них издали, испытываешь чувство гордости за огромные технические достижения современности. Однако когдаходишь к линии ближе, к этому чувству при-мешивается внутреннее беспокойство. Линия шумит и потрескивает, коронируя. Непосредственно под линией сверхвысокого напряжения акустический шум достигает 60–80 дБ. На некотором расстоянии от линии шум заметно ослабевает.

Коронирующая линия интенсивно излучает электромагнитные волны в широком диапазоне частот от 1 кГц до 100 МГц и более. При этом в зоне линии нарушается работа приемников, телевизоров и высокочастотная связь. Радиопомехи сильно возрастают во время дождя и туманов.

Линии электропередач проходят по полям и лесам, пересекают дороги и реки. Территории, расположенные под воздушными линиями и вблизи них, очень большие – десятки тысяч квадратных километров. Неужели вся эта земля будет потеряна для хозяйственной деятельности людей? Безусловно, нет! Ходить и работать под линиями все-таки необходимо. Пусть не очень долго и не везде – время и место можно сознательно ограничить, однако находиться под линиями приходится.

Исследования и наблюдения, проведенные в последнее время, выявили следующее. Человек может без вреда для здоровья работать под линией при напряженностях электрического поля порядка 1–5 кВ/м. более высокие напряженности, например, 20 кВ/м, приводят к появлению и накоплению в организме физиологических нарушений и расстройств. Кратковременное однократное или периодическое появление в зоне сравнительно высоких напряженностей возможно, но время пребывания должно быть ограничено: при напряженности 15 кВ/м допустимая продолжительность пребывания человека в электрическом поле составляет 1,5 ч, при напряженностях 20–25 кВ/м это время сокращается до нескольких минут.

В общем, воздушные высоковольтные линии – безусловное нарушение естественной окружающей среды, стесняющее и осложняющее жизнь людей и животных. Упрятанные в тоннели, под землю или в трубы, поля могут иметь любые напряженности и плотности потока энергии. Люди, животные и растения – сложнейшие и весьма уязвимые организмы, и желательнее было бы оградить их от разного рода непривычных для них напряженностей. Стремление приспособиться, потерпеть «во имя дела», в угоду кажущейся сиюминутной выгоде ни к чему хорошему в конечном итоге не приводит.

В последние десятилетия конструкции, опоры и провода воздушных линий (ВЛ) стали восприниматься как «естественные проявления» окружающей среды, и поэтому птицы и животные вынуждены не только мириться с их повсеместным присутствием, но и активно вовлекать в циклы своей жизнедеятельности. Часто на опоры птицы садятся отдохнуть и погибают. Также повсеместно наблюдаются случаи гнездовья птиц на металлических конструкциях опор ВЛ. По сведениям различных авторов, грачиные гнезда, расположенные на опорах ВЛ (до 50 гнезд на одной опоре), вызывали аварийные отключения (до 15 отключений ВЛ за сезон гнездовья). В некоторых районах России на каждые 30 км линий электропередач насчитывали до 70 погибших крупных птиц, главным образом орлов и аистов.

Аисты погибают чаще всего в конце лета. Место гибели – луг, поле, окраина леса. Только черные аисты, пораженные электрическим током, были найдены в лесу. В Гродненских сетях отмечен случай, когда в течение одной ночи в 1986 году ВЛ 110 кВ отключалась 5 раз с успешным АПВ. При обходе в двух смежных пролетах было обнаружено 10 аистов, пораженных электрическим током.

В настоящее время все сетевые районы Беларуси проводят мероприятия по защите ВЛ от птиц. На опорах ВЛ 110–330 кВ устанавливаются защитные устройства типа вертушки или ерша из расплетенного троса. По полученным данным, процент защиты ВЛ колеблется от 45 до 85–90 %.

Вопросы защиты птиц на ВЛ 35 кВ и выше должны рассматриваться в комплексе с общими требованиями защиты окружающей среды и экологической безопасности. При проектировании опор ВЛ и конструкции подстанций необходимо предусматривать меры, практически исключающие размещение крупных птиц (аистов, орлов) в опасных местах.

Наиболее эффективными защитными решениями для промежуточных опор 110 кВ и выше является установка на траверсах над гирляндами конусов из изолирующего материала. Определены оптимальная конструкция и размеры защиты.

Применяемые в настоящее время в РБ вертушки и метелки недостаточно эффективны и должны быть модернизированы. Размеры вертушек конструкции РУП «Белэнергосетьпроект» должны быть увеличены в 2–2,5 раза. При наличии на ВЛ защитных метелок из троса необходимо расплетать трос на длину до 40 см и проволоки развести по всему пространству (по полусфере).

Литература

1. Гераскин О.Т. Защита птиц на воздушных линиях электропередачи высокого напряжения // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 1999. – № 6. – С. 46–50.
2. Степанчук К.Ф. От 1000 до 1500000 вольт. – Мн., 1985.
3. Энергетика за рубежом / Под ред. Ю.П. Шкарина – М.: Энергоатомиздат, 1989.

УДК 621.316.925

РЕКЛОУЗЕР КАК СРЕДСТВО ДЕЦЕНТРАЛИЗАЦИИ АВТОМАТИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ 6–10 КВ

Парков А.Н., Лазарев О.Е.

Научный руководитель – **КЛИМКОВИЧ П.И.**

Традиционно сети 6–10 кВ отличаются слабой оснащенностью коммутационными аппаратами. Если в основных сетях высокого и сверхвысокого напряжения практически любой узел нагрузки так оснащен коммутационными аппаратами, что, оперируя ими, можно отделять этот узел от основного питания и переключать на резервное питание, то на линии 10 кВ чаще всего установлено лишь несколько разъединителей. Поэтому при повреждении любого участка линии будут длительно отключены все присоединенные к линии потребители.

Важной особенностью ВЛ 10 кВ является также слабая автоматизация послеаварийных переключений. Они, как правило, выполняются вручную, в основном, силами оперативно-выездной бригады, которая преодолевает значительные расстояния для осуществления операций территориально распределенными коммутационными аппаратами. Поэтому длительность аварийных отключений достаточно велика.

Решить эту проблему возможно различными путями, но они весьма дорогостоящие и трудоемкие, поэтому предлагается решить эту проблему при помощи реклоузера. Реклоузер – это надежное и довольно простое в эксплуатации устройство, позволяющее отключать токи короткого замыкания за минимальное время, при этом за такое же время восстанавливать электроснабжение на не поврежденных участках.

Реклоузер – пункт автоматического секционирования воздушных распределительных сетей столбового исполнения, объединивший:

- вакуумный выключатель;
- систему первичных преобразователей тока и напряжения;
- автономную систему оперативного питания;
- микропроцессорную систему релейной защиты и автоматики;
- систему портов для подключения устройств телемеханики;
- комплекс программного обеспечения.

Это комплекс устройств позволит:

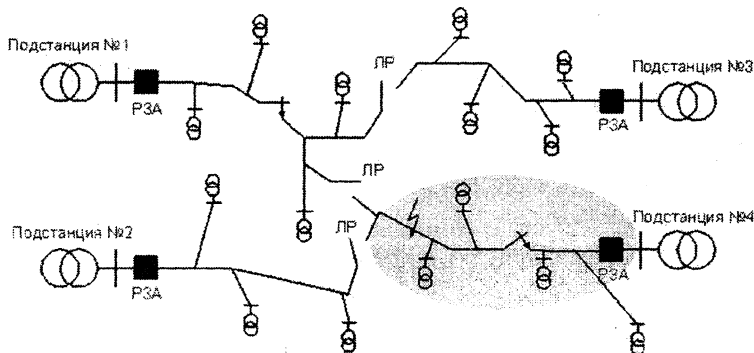
- определения возникновения повреждения – микропроцессорная релейная защита, действие которой направлено на выявление конкретного повреждения и выдачу управляющего сигнала на коммутационную аппаратуру;

– выделения повреждения – коммутационные аппараты, призванные разделять (секционировать) линию на отдельные участки, с целью выделения поврежденного элемента схемы;

– восстановления питания – устройства, призванные в кратчайшие сроки восстановить питание на неповрежденных участках, это автоматика повторного включения (многократные АПВ), автоматика включения резервного питания (АВР);

– обнаружения повреждения – устройства фиксации информации о месте повреждения и устройства телемеханики, необходимые для передачи информации об изменении положения коммутационного аппарата в сети на питающую подстанцию или на прямую диспетчеру района;

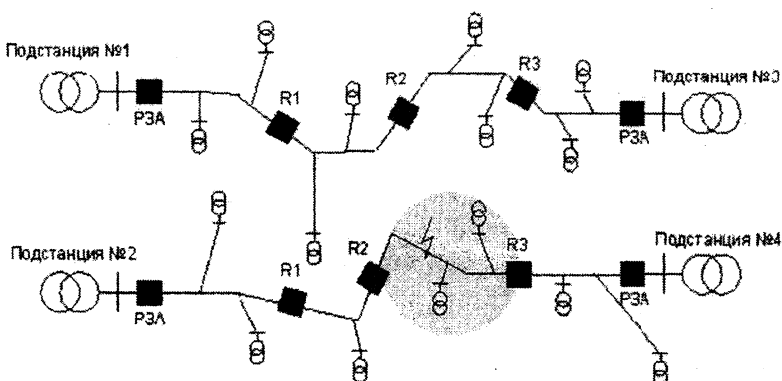
– обработки информации и принятия решений по управлению послеаварийным режимом, роль которых на сегодняшний день играют диспетчера районов.



Система до децентрализованной автоматизации

Применение децентрализованной автоматизации заключается в оснащении распределительной сети пунктами автоматического секционирования, которые позволяют отключать только аварийных участок сети на базе локальной информации о повреждении, обрабатываемой непосредственно в самом пункте без использования каких-либо каналов связи. За счет того, что из строя выводится только конкретный участок сети, уменьшается число потребителей, на которых одновременно может отразиться повреждение. Благодаря повышению быстродействия релейной защиты и автоматики, сокращается длительность перерывов электроснабжения.

Реализация принципа децентрализованной автоматизации сети возможна лишь при оснащении ВЛ 10 кВ пунктами секционирования в состав которых входит весь выше перечисленные комплекс устройств.



Децентрализованная автоматизация распределительных сетей:

РЗА – микропроцессорная защита в центрах питания;

Р1–Р3 – реклоузеры

Все вышеперечисленные устройства должны интегрироваться в автоматизированную систему диспетчерского управления предприятия электрических сетей, обладать высокой надежностью и длительным сроком службы, иметь небольшие размеры и высокое быстродействие, а также практически не требовать эксплуатационного обслуживания в течение срока службы.

В результате мы получаем автономный комплекс устройств не требующий обслуживания оперативного персонала, отвечающий всем современным требованиям РЗА, позволяющий построить на их базе децентрализованную автоматизацию линий, прост в эксплуатации, малогабаритный, значительно дешевле аналогичных комплексов и централизованной автоматизации линий в целом.

УДК 621.316.925

АВТОМАТИЧЕСКОЕ СЕКЦИОНИРОВАНИЕ ЛИНИЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Лезовская М.М., Телятко В.В., Шпунтова А.Г., Кимсо Д.Л.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент ТИШЕЧКИН А.А.

Автоматическое секционирование – это разделение линии на несколько участков с помощью коммутационных аппаратов, работающих автоматически. К таким аппаратам относятся: плавкие предохранители, выключатели, оборудованные релейной защитой, выключатели нагрузки. Целесообразность секционирования линий, выбор места установки и типа секционирующего аппарата определяются исходя в основном из трех условий:

- обеспечение чувствительной, селективной и быстродействующей релейной защиты;
- повышение надежности электроснабжения и уменьшение ущерба у потребителей при перерыве питания;
- повышение культуры эксплуатации электрооборудования.

Можно устанавливать несколько коммутационных аппаратов на ответвлениях от основной линии (параллельное секционирование) или несколько аппаратов, включенных последовательно (последовательное секционирование). В последнем случае установка двух и более коммутационных аппаратов нежелательна, так как это может привести к увеличению времени срабатывания релейной защиты головного участка линии.

Необходимость секционирования линий по условиям релейной защиты определяется во время расчета защиты линий. В тех точках линии, где значение тока двухфазного короткого замыкания уже не обеспечивает требуемой чувствительности этой защиты намечается установка секционирующего выключателя со своей релейной защитой. Для удобства обслуживания эта точка может быть смещена только в сторону основного питания.

Установка секционирующих аппаратов уменьшает также время отыскания мест замыкания на землю, подготовки ремонтных схем и т. п.

В качестве секционирующего выключателя целесообразно использовать вакуумные реклоузеры.

Реклоузер – новое поколение коммутационного оборудования, объединяющего: вакуумный выключатель, первичные преобразователи тока и напряжения, автономную систему оперативного питания, микропроцессорную систему релейной защиты и автоматики, программное обеспечение.

Функции релейной защиты и автоматики в реклоузерах различных фирм достаточны для автоматического секционирования распределительных сетей. Например, в

реклоузерах фирмы “ТАВРИДА ЭЛЕКТРИК” предусмотрены следующие функции релейной защиты и автоматики:

- четырехступенчатая направленная токовая защита;
- защита от замыканий на землю;
- защита минимального напряжения;
- автоматическая частотная разгрузка;
- автоматическое включение резерва (АВР) с указанием стороны источника и нагрузки;
- трехкратное автоматическое повторное включение.

Автоматическое секционирование распределительных сетей на базе микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики в сочетании с современной коммутационной аппаратурой и средствами связи обеспечивает повышение надежности электроснабжения потребителей, снижает трудозатраты на обслуживание распределительных сетей. Установка секционирующих аппаратов уменьшает также время отыскания мест замыкания на землю, подготовки ремонтных схем и т. п.

Наибольший эффект автоматическое секционирование дает на линиях с двухсторонним питанием и с сетевым АВР. Для автоматического секционирования линий целесообразно использовать автоматические отделители, не способные отключать токи короткого замыкания. Их главное преимущество перед выключателями – меньшая стоимость. Однако они могут быть применены лишь в том случае, если защита на главном выключателе защищает всю линию с необходимой чувствительностью.

УДК 621.332.3

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Дерюгина Е.А.

Электрическая энергия, необходимая для электроподвижного состава (ЭПС), вырабатывается на электростанциях и непосредственно или через районные подстанции по ЛЭП высокого напряжения передается к преобразовательным тяговым подстанциям электрифицированных железных дорог. Для повышения надежности питания тяговых подстанций, относящихся к потребителям первой категории, типовой схемой присоединения к энергосистеме является питание от двухцепной ЛЭП. Транзитные тяговые подстанции питаются от одной из цепей двухцепной ЛЭП или от ответвлений. В системе электрической тяги на переменном токе тяговые подстанции являются трансформаторными, на которых понижается напряжение и энергия подается на ЭПС. На тяговых подстанциях постоянного тока дополнительно устанавливаются преобразовательные агрегаты – специальные тяговые трансформаторы и выпрямительные установки.

От тяговых подстанций электрическая энергия к локомотивам поступает по тяговой сети, которая состоит из четырех частей: контактной и рельсовой сетей, питающих и отсасывающих проводов. Питающие и отсасывающие провода выполняют в виде воздушных или кабельных линий, соединяющих контактную и рельсовую сети с соответствующими шинами тяговой подстанции. Рельсовая сеть представляет совокупность электротяговых нитей ходовых рельсов. По контактной сети осуществляется передача электрической энергии к движущимся локомотивам путем непосредственного контакта с их токоприемниками. Поэтому устройство контактной сети значительно сложнее, чем других частей тяговой сети.

При системе постоянного для поддержания нужного уровня напряжения на токоприемниках локомотивов необходимо размещать тяговые подстанции близко одну от

другой (через 10–20 км) и иметь большое сечение контактной подвески (до 700 мм² на путь). Часто сечение проводов оказывается меньше необходимого по расчету. В этих случаях подвешивают усиливающие провода. При системе однофазного переменного тока вследствие высокого напряжения можно располагать тяговые подстанции реже (через 40–60 км) и существенно снизить сечение контактной подвески (до 120–140 мм² на путь).

В Республике Беларусь применяют в основном однофазную систему переменного тока номинальным напряжением 25 кВ и локомотивы с двигателями постоянного тока, для чего на ЭПС устанавливают понижающий трансформатор и выпрямители.

Вариантом системы однофазного переменного тока является система 2х25 кВ, при которой вдоль электрифицированной линии подвешивают дополнительный питающий провод с напряжением 50 кВ. Напряжение в этот провод подается от специальных трансформаторов тяговых подстанций и от автотрансформаторов, расположенных на расстояниях 8–15 км друг от друга. При системе 2х25 кВ существенно снижаются потери и становится возможным увеличить расстояние между тяговыми подстанциями. Между контактным проводом и рельсами сохраняется напряжение 25 кВ, что позволяет эксплуатировать электровозы контактной сети переменного тока напряжения 25 кВ.

Контактная сеть должна обеспечивать надежный бесперебойный токосъем при заданных скоростях движения и различных климатических режимах. Контакт создают путем скольжения контактной части токоприемника по контактной части провода сети. Чем выше скорость движения поезда, тем труднее сохранить скользящий контакт непрерывным. Необходимо, чтобы устройства контактной сети не ограничивали наибольшую скорость поездов, установленную графиком движения.

Контактная сеть находится в особо трудных условиях, в отличие от всех других устройств системы электроснабжения, она не имеет резерва. При повреждении контактной сети движение поездов по этому пути прекращается на время, необходимое для ее восстановления. На многопутных дорогах при повреждении контактной сети на одном из путей возможно организовать движение по оставшимся работным путям, но это вызывает нарушения графика движения поездов. Поэтому к устройствам контактной сети предъявляют высокие требования, как по совершенству их конструкций, так и по качеству выполнения монтажных работ и тщательному содержанию в условиях эксплуатации.

Контактная сеть может быть выполнена в виде контактных рельсов или воздушных контактных подвесок. Контактные рельсы широко применяют в метрополитенах. На наземных дорогах контактные рельсы применяют очень редко, так как трудно обеспечить безопасность людей и животных, которые могут оказаться на электрифицированной линии. Воздушные контактные подвески делят на простые и цепные. Простая контактная подвеска, называемая трамвайной, обеспечивает бесперебойный токосъем при сравнительно небольших скоростях движения поездов. На магистральных электрических дорогах такие подвески используют только на второстепенных станционных путях при скоростях движения до 50 км/ч. За рубежом простые подвески более сложной конструкции иногда монтируют и на главных путях. При высоких скоростях движения поездов применяют цепные контактные подвески, которые классифицируют: по способу подвешивания контактного провода к несущему тросу (одинарные, двойные и тройные подвески); по типу опорных узлов (с простыми опорными струнами и рессорными тросами); по взаимному расположению проводов на плане (вертикальные, полукосые и косые); по способу регулирования натяжения проводов (некомпенсированные, полукompенсированные и компенсированные). При определенной конструкции такой подвески и соответствующей конструкции токоприемника можно реализовать очень высокие скорости движения поездов (более 300 км/ч).

Контактные провода подвесок должны иметь высокую механическую прочность, быть износостойчивыми, не подверженными коррозии и обладать высокой электрической проводимостью. Контактные провода на второстепенных станционных путях могут иметь пониженную проводимость и меньшую износостойчивость.

СЕКЦИЯ 3. Электроснабжение

УДК 621.318

РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОМАГНИТОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА КЛАПАННОГО ТИПА С ПРИМЕНЕНИЕМ ПЭВМ

Белько В.В., Хверось А.Ю.

Научный руководитель – САЦУКЕВИЧ В.Н.

Устройства, создающие в том или ином пространстве магнитное поле, называются магнитами. Электромагнит создает магнитное поле с помощью обмотки, обтекаемой электрическим током.

Электромагниты являются неотъемлемой частью электрических машин. Особой областью применения электромагнитов являются электромагнитные механизмы. В них электромагниты используются в качестве привода для осуществления необходимого поступательного перемещения рабочего органа или поворота в пределах ограниченного угла, или для создания удерживающей силы. Примером подобных электромагнитов являются тяговые электромагниты, предназначенные для совершения определенной работы при перемещении тех или иных рабочих органов; электромагнитные замки; электромагнитные муфты сцепления и торможения; электромагниты, приводящие в действие контактные устройства в реле, контакторах, пускателях, автоматических выключателях; подъемные электромагниты; электромагниты вибраторов и т. п.

В настоящее время, в связи с широким использованием электромагнитов в различных областях техники, возникла необходимость в создании и использовании соответствующих технологий и программного обеспечения для быстрого и качественного расчета и проектирования электромагнитов. Использование компьютерных технологий позволяет быстро и качественно производить расчет электромагнитов и моделировать различные процессы, протекающие в них.

Разработанная программа предназначена для расчёта электромагнитов постоянного тока клапанного типа. Она позволяет производить расчет магнитных цепей для различных марок сталей с учетом аппроксимированных кривых намагничивания, учитывать потоки рассеяния и определять требуемую магнитодвижущую силу по заданному значению магнитного потока в воздушном зазоре. В программе расчет электромагнита производится по коэффициентам рассеяния [1].

Исходными данными для работы программы являются: напряжение питания, сила тяги электромагнита, его геометрические параметры, марка стали, величины воздушного и паразитного зазоров [2].

В результате работы программы производится выбор и расчёт обмотки электромагнита, определяется число витков и диаметр провода в зависимости от его марки и способа укладки, рассчитывается мощность, потребляемая этой обмоткой, и температура её нагрева, делается вывод о работоспособности электромагнита [3]. Программа позволяет производить корректировку расчета обмотки с учетом заданного сечения, марки провода и способа укладки.

Программа позволяет решать и обратную задачу, то есть по заданным величинам: напряжению питания, геометрическим параметрам, марке стали, параметрам обмоточного провода, величинах воздушного и паразитного зазоров, определить силу тяги, развиваемую электромагнитом. При решении обратной задачи используется метод последовательных приближений [1]. Первоначально задаётся произвольное значение тягового усилия, и в первом приближении производится расчёт обмотки электромагнита, затем задаётся требуемый диаметр и марка обмоточного провода. В зависимости от пер-

воначально рассчитанных параметров корректируется величина тягового усилия и производится пересчёт обмотки. Процесс повторяется до тех пор, пока диаметр рассчитываемого провода не совпадёт с заданным диаметром. Алгоритм метода последовательных приближений реализован с помощью метода касательных (метод Ньютона).

Программа разработана на языке программирования Visual Basic 6.0 для Windows 95/98 и выше, имеет графический интерфейс, обеспечивающий удобную работу с многофункциональным программным обеспечением. В программе имеется удобная система помощи, которая позволяет разобраться в особенностях работы программы и более детально изучить ее возможности.

После запуска программы (следует запустить модуль "Magnit.exe") на экране появится окно с эскизом электромагнита и величины исходных данных, предложенные компьютером, которые можно скорректировать. Если исходные данные были изменены, их можно восстановить по умолчанию.

После ввода исходных данных необходимо нажать на кнопку "Вычислить" и на экране монитора появится окно с результатами расчёта. Разработанная программа позволяет не только рассчитывать и корректировать параметры обмотки электромагнита, но и моделирует процесс притяжения якоря к сердечнику и тепловой режим обмотки. Для этого необходимо нажать на кнопку "Демонстрация". Если расчеты магнитной цепи или обмотки не корректны, то появляется сообщение о необходимости скорректировать исходные данные. Если в процессе определения степени нагрева обмотки её температура окажется выше допустимой для данного класса изоляции, то программа выдаёт об этом сообщение на экране монитора, в изображении электромагнита моделируется процесс её перегрева и цвет обмотки становится тёмно-красным. Если расчетная сила тяги электромагнита будет меньше исходной, то на эскизе якорь не притянется к сердечнику.

Благодаря простоте и удобству работы с программой, пользоваться ей могут не только специалисты, но и люди, не обладающие глубокими знаниями в области электромагнитов.

Литература

1. Сливинская А.Г. Электромагниты и постоянные магниты: Учебное пособие для студентов вузов. – М.: Энергия, 1972. – 248 с.
2. Сахаров П.В. Проектирование электрических аппаратов (Общие вопросы проектирования): Учебное пособие для студентов электротехнических вузов. – М.: Энергия, 1971. – 560 с.
3. Чунихин А.А. Электрические аппараты (общий курс): Учебник для энергетических и электротехнических институтов и факультетов. – М.: Энергия, 1975. – 648 с.

УДК 621.311.1

ВЛИЯНИЕ НЕСИНУСОИДАЛЬНОСТИ НА СРОК СЛУЖБЫ ИЗОЛЯЦИИ ТРАНСФОРМАТОРА

Адамчик О.М.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент **РОМАНОВ В.В.**

Несинусоидальность напряжения питания вызывает появление токов высших гармоник, которые, генерируемые нелинейной нагрузкой, создают дополнительные потери в трансформаторах. Эти потери могут привести к значительным потерям энергии и быть причиной выхода из строя трансформаторов вследствие перегрева. Протекание по обмоткам трансформатора несинусоидальных токов, вследствие поверхностного эффекта и эффекта близости, приводит к увеличению активного сопротивления обмоток трансформатора и, как следствие, к дополнительному нагреву. Срок службы транс-

форматора зависит от нагрева его частей и не позволяет при несинусоидальном токе использовать трансформатор на всю его номинальную мощность, ее приходится занижать.

Несинусоидальность характеризуется коэффициентом искажения синусоидальности кривой напряжения и коэффициент ν -ой гармонической составляющей напряжения.

Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения

$$K_{нс} = \frac{\sqrt{\sum_{\nu=2}^{\infty} U_{\nu}^2}}{U_{ном}} \cdot 100\%,$$

где U_{ν} – действующее значение напряжения ν -ой гармоники, кВ.

Коэффициент ν -ой гармонической составляющей напряжения

$$K_{U(\nu)} = \frac{U_{\nu}}{U_{ном}} \cdot 100\%.$$

Дополнительный нагрев изоляции силового трансформатора $\Delta\tau_{\text{от}}$ определяется по выражению [1]

$$\Delta\tau_{\text{от}} = \frac{60\Theta}{X_*^2} \sum_{\nu=2}^{\infty} \frac{U_{\nu*}^2}{\nu\sqrt{\nu}},$$

где Θ – номинальная температура перегрева изоляции трансформатора, °С;

$X_* = 0.35 + U_{K*}$ – сопротивление для трансформаторов подстанций;

U_{K*} – относительное напряжение КЗ трансформатора;

$U_{\nu*}$ – относительная величина напряжения ν -ой гармоники, которая численно равна коэффициенту гармонической составляющей для этой гармоники.

Согласно ГОСТ 13109-97 нормально допустимое значение и предельно допустимое значение коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения соответственно равны 5 и 8 %.

Произведя расчет дополнительного нагрева изоляции силового трансформатора для нормально допустимого значения и предельно допустимого значения коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения, можно определить, что относительные сроки службы соответственно равны 0,82 и 0,61 при постоянном воздействии токов высших гармоник, то есть срок службы трансформаторов сокращается соответственно в 1,21 и 1,64 раз.

Литература

1. Жежеленко И.В. Качество электроэнергии на промышленных предприятиях. – К.: Техніка, 1981. – 273 с.

УДН 621.311.24

О РАЗВИТИИ МАЛОЙ И НЕТРАДИЦИОННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Ангельцев Д.В.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент ОЛЕШКЕВИЧ М.М.

Республика Беларусь не располагает собственными ТЭР в полной мере. Лишь 15 % собственных ТЭР покрывают потребности. 85 % приходится импортировать. В связи с ростом цен на топливо и импортируемую электроэнергию для Беларуси чрез-

вычайно важно включать в топливно-энергетический баланс вторичные энергоресурсы и возобновляемые источники энергии, одним из которых является ветер.

В настоящее время принято решение о приоритетном развитии работ по использованию местных видов топлива и возобновляемых источников энергии. В связи с этим необходим поиск новых решений, которые позволили бы активизировать внедрение различных видов энергетического оборудования на базе ВИЭ с максимальной адаптацией к условиям Беларуси опыта развитых европейских государств.

Работы по оценке ветроэнергетического ресурса Беларуси выполнены совместно НПП «Ветромаш», РУП «Белэнергосетьпроект», ВС РБ и госкомитетом по гидрометеорологии. Определен технический ветроэнергетический ресурс по республике в целом, по областям и каждому району. Определены площадки для строительства как одиночных ВЭУ, так и ВЭС с потенциалом более 200 млрд. кВт·ч. Произведены работы по определению технической и экономической эффективности внедрения ВЭУ мощностью 1 МВт на территории Минского района. В результате исследований было выявлено 708 площадок, на которых в 2005–2006 гг. можно установить до 500 ВЭУ с суммарной среднегодовой выработкой 1719,3 млн. кВт·ч электроэнергии.

Сроки окупаемости ветротехники сопоставимы с окупаемостью малых гидроэлектрических, парогазовых и газо-мазутных электростанций, и значительно ниже угольных, атомных и дизельных. По завершении срока окупаемости эксплуатационные затраты ВЭУ неизмеримо ниже электростанций, работающих на источниках жидкого, газообразного, твердого и ядерного топлива, т. к. не нуждаются в поставках ископаемых источников энергии.

Литература

1. НИР НПО «Ветроэн»: «Исследование и разработка рекомендаций по внедрению ветроэнергетических установок в народное хозяйство западных районов СССР», раздел «Прибалтийско-черноморской регион СССР», рук. к.т.н. Лаврентьев Н.А. – Г.п. Заславль, Белорусский филиал НПО «Ветроэн», 1987.

УДК 621.311.1

АНАЛИЗ СИСТЕМ ЗАЗЕМЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ЗДАНИЙ

Сокольников А.А.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент РАДКЕВИЧ В.Н.

В соответствии с [1] электроустановки напряжением до 1 кВ могут работать с глухозаземленной или изолированной нейтралью. При выборе режима нейтрали основными критериями являются электробезопасность, экономичность и надежность.

Сети с изолированной нейтралью, в которых используется система заземления типа IT, составляют примерно 30 % всех сетей напряжением до 1 кВ. Они применяются с устройствами защитного отключения при повышенных требованиях к электробезопасности и надежности электроснабжения [2].

При глухом заземлении нейтрали используются системы TN-C, TN-S, TN-C-S и TT. Причем система TT, предусматривающая заземление открытых токопроводящих частей электрооборудования зданий без зануления, должна быть технико-экономически обоснована и иметь дополнительно устройства защитного отключения. Система TN-C с общим нулевым проводником PEN, выполняющим функции рабочего и защитного, применялась в сетях напряжением до 1 кВ до введения в Республике Беларусь в 1999 году новых межгосударственных стандартов «Электроустановки зданий» (ГОСТ 30331). В электроустановках напряжением до 1 кВ в жилых, гражданских и производственных зданиях действующими нормативно-техническими документами предписано применять системы с глухим заземлением нейтрали типа TN-S или TN-C-S,

предусматривающие зануление открытых токопроводящих частей оборудования [3]. В системе TN-S используются нулевые рабочий (N) и защитный (PE) проводники, т. е. трехфазная сеть выполняется пятипроводной. Система TN-C-S имеет общий нулевой проводник PEN до некоторой точки сети, в которой производится его разделение на проводники N и PE. К нулевым проводникам предъявляются определенные требования. В частности, проводник PEN из алюминия должен иметь сечение не менее 16, а из меди – 10 мм². Сечения проводников N и PE зависят от сечений фазных проводников, определяемых по току нагрузки линии. Одинаковая площадь сечения нулевых и фазных проводников соответствует требованиям стандартов, что учитывается при производстве кабельной продукции напряжением до 1 кВ.

Действующими нормативами точка сети, в которой нулевой проводник PEN разделяется на рабочий N и защитный PE, строго не регламентирована. Следовательно, выбор системы заземления необходимо производить на основе технико-экономического расчета по критерию минимума приведенных или дисконтированных затрат. Так как годовые издержки эксплуатации при применении четырех- и пятипроводных электрических сетей практически одинаковы, то сравнивать варианты допустимо по капиталовложениям. Необходимо учитывать, что в установках с общим нулевым проводником PEN могут применяться кабели с площадью сечения алюминиевых жил не менее 16, а медных – 10 мм². Стоимость пятижильного кабеля напряжением до 1 кВ марки АВВГ и ВВГ на 25–89 % больше четырехжильного. При этом разница в стоимости кабелей возрастает с увеличением сечения жил.

Расчеты показывают, что в трехфазных сетях экономически целесообразными могут быть как четырех-, так и пятипроводные питающие линии. Распределительные и групповые сети более эффективны, как правило, пятипроводные.

Литература

1. Правила устройства электроустановок. – М.: Электроатомиздат, 1985. – 640 с.
2. Радкевич В.Н. Проектирование систем электроснабжения. – Мн.: НПООО «Пион», 2001. – 292 с.
3. Электроустановки жилых и общественных зданий (П2-2000 к СНиП 2.08.01-89). – Мн.: Мин. арх. и стр. РБ, 2001. – 77 с.

УДК 621.311

ПРИМЕНЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ СВЕТОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

Северин Л.А., Северин Н.А.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент ПРОКОПЕНКО Л.В.

В связи с недостатком собственных энергоресурсов в Республике Беларусь проводится энергетическая политика, основанная на энергосбережении во всей народнохозяйственной сфере.

Одной из важных возможностей экономии электрической энергии является применение современных осветительных установок, поскольку известно, что на освещение в Республике затрачивается на освещение более 6 млн. кВт·ч в год.

Для решения этой проблемы рядом промышленных предприятий в Республике выпускается осветительная аппаратура с улучшенными технико-экономическими характеристиками.

С 2002 года ИП «Оргстекло» освоило производство светильников серии «Восход-1».

Светильники работают со стандартными трубчатыми люминесцентными лампами. При комплектации их электронными пускорегулирующими аппаратами (ЭПРА)

возможно сэкономить до 30 % электроэнергии по сравнению с питанием от электромагнитного ПРА и в шесть раз по сравнению с лампой накаливания; повысить на 20 % светоотдачу; увеличить срок службы на 20 % и более. При этом гарантируется мгновенное включение, ровный, без мерцаний свет, отсутствие стробоскопического эффекта.

Еще одним современным источником света является натриевая лампа высокого давления ДНаТ. Лампы типа ДНаТ и ртутные лампы высокого давления ДРЛ по своим техническим характеристикам и сферам применения очень схожи. Однако при одинаковом световом потоке и сроке службы лампы ДНаТ потребляют примерно на 30 % меньше электроэнергии. Кроме того, ДНаТ не теряют своих светотехнических характеристик в процессе эксплуатации.

Широкий перечень энергосберегающего светотехнического оборудования выпускают целый ряд промышленных предприятий Республики: Белорусское оптико-механическое объединение, Брестский электроламповый завод, Лидский завод электроизделий, НПО «Интеграл» и др. Их продукция в ряде случаев комплектуется галогенными лампами, усовершенствованными люминесцентными лампами, ЭПРА.

Для более успешного решения проблемы энергосбережения в Республике за счет применения энергосберегающих светотехнических устройств требуется расширять номенклатуру их изделий, повышать надежность и уменьшать стоимость.

УДК 621.316

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРИ НЕТОЧНЫХ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

Кирсн А.Ю.

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор АНИЩЕНКО В.А.

Оптимальность параметров проектируемых систем электроснабжения зависит от достоверности исходных данных, в первую очередь – расчетных электрических нагрузок. В условиях неопределенности, когда нет большой уверенности в той или иной тенденции изменения нагрузки, целесообразно в ряде случаев перейти от точечной оценки расчетной нагрузки S_p к ее интегральной оценке $S_p + \Delta S_p$. В такой постановке на стадии первоначального выбора отдельных элементов и схемы системы электроснабжения в целом учитывается возможная вариация нагрузки в диапазоне $2\Delta S_p$.

Рассмотрим задачу выбора мощности однострансформаторной цеховой подстанции, питающей потребителей III категории и не связанной взаимным резервированием на вторичном напряжении с другими подстанциями. В этом случае загрузка трансформатора β_T может быть принята равной 0,95. Выбор производим на основе сравнения суммарных приведенных затрат двух смежных по стандартной шкале мощностей трансформаторов вариантов

$$\begin{aligned} Z_i &= E_H K_i + C_i; \\ Z_{i-1} &= E_H K_{i-1} + C_{i-1} + Y, \end{aligned} \quad (1)$$

где Z_i и Z_{i-1} – затраты по вариантам с трансформаторами соответственно большей и меньшей мощности;

K_i и K_{i-1} – единовременные капитальные затраты;

C_i и C_{i-1} – постоянные ежегодные эксплуатационные расходы по тем же вариантам;

E_H – нормативный коэффициент экономической эффективности;

Y – ущерб, вызванный ожидаемым вынужденным отключением части потребителей из-за длительного превышения фактической нагрузки номинальной мощности трансформатора S_H .

Величину ущерба предлагается определять по формуле

$$Y = y_0 \Delta W_{отк}, \quad (2)$$

где y_0 – удельный ущерб, обусловленный предполагаемым вынужденным отключением части потребителей, руб/кВт·ч;

$\Delta W_{отк}$ – ожидаемая величина годового недоотпуска электроэнергии, кВт·ч.

Поскольку ожидаемая величина недоотпуска электроэнергии связана с превышением текущей нагрузки расчетной активной мощности трансформатора P_p (кВт), то для ее расчета используем следующую формулу

$$\Delta W_{отк} = P_p T_{отк}, \quad (3)$$

где $T_{отк}$ – ожидаемая средняя величина времени отключения трансформатора в году, зависящая от числа часов его работы в году T_B (ч), и от вероятности q превышения текущей нагрузки значения расчетной мощности.

Расчет вероятности превышения нагрузки расчетного значения будем производить на основании нормального закона распределения нагрузки.

Полная расчетная нагрузка с учетом загрузки трансформатора β_T определяется по формуле

$$S_p = S_H \beta_T.$$

Расчетная активная нагрузка рассчитывается по формуле

$$P_p = S_p \cos \varphi.$$

Принимая расчетное значение P_p равным максимальной активной нагрузке P_{max} , определяем среднегодовое потребление электроэнергии W_c (кВт·ч),

$$W_c = P_{max} T_{max},$$

где T_{max} – время использования максимальной нагрузки, ч.

Тогда среднегодовая потребляемая мощность P_c (кВт),

$$P_c = \frac{W_c}{8760},$$

где 8760 – число часов в году, ч.

Среднеквадратическое отклонение от среднего значения мощности σ , кВт, находим по формуле

$$\sigma = P_c \sqrt{k_f^2 - 1},$$

где k_f – коэффициент формы графика нагрузки, изменяющийся в пределах 1,05–1,2.

Верхнюю границу среднегодовой мощности $P_{св}$ (кВт), определяем по формуле

$$P_{св} = P_c + \beta \sigma,$$

где $\beta = 3$ – принятая согласно правилу "трех сигм" кратность меры рассеяния фактической нагрузки относительно среднегодовой мощности.

Тогда вероятность нахождения фактической нагрузки в диапазоне от максимального расчетного значения P_p до верхней границы среднегодовой мощности $P_{св}$ определяется соотношением

$$q(P_p < P < P_{cB}) = \int_{P_c}^{P_{cB}} f(p) dP - \int_{P_c}^{P_p} f(p) dP.$$

Время вынужденного отключения трансформатора в году рассчитаем по формуле

$$T_{отк} = T_B q(P_p < P < P_{cB}).$$

Далее по формулам (2) и (3) определяем величину годового ущерба и рассчитываем согласно (1) приведенные затраты для смежных мощностей трансформаторов. На основании полученных приведенных затрат можно, принимая в качестве расчетной нагрузки верхнее значение ее интегральной оценки $S_p + \Delta S_p$ и в зависимости от величины ΔS_p формируем шкалу коэффициентов загрузки трансформаторов. В таблице 1 приведены результаты расчетов для следующих исходных данных: $T_{max} = 4500$ ч, $T_B = 4500$ ч, $k_c = 0,75$, $k_u = 0,572$, $y_0 = 1,3$ руб/кВт·ч, $\cos \phi = 0,7$.

Таблица 1. Результаты расчета

S_H , кВА	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000	6300	
Предлагаемая шкала коэффициентов загрузки трансформаторов β_T											
Вариация ΔS_p , %	0	0,96	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,94	0,94
	10	0,86	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,84
	20	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,75

Таким образом, переход от используемой в настоящее время при проектировании точечной оценки расчетной мощности к ее интегральной оценке приводит к увеличению мощностей выбираемых трансформаторов.

УДК 621.311

ПРИМЕНЕНИЕ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ ТАРИФОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ НАГРУЗКАМИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Евстафьев А.М., Сокольников А.А.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент КОЗЛОВСКАЯ В.Б.

В режимной практике взаимодействия энергосистем и потребителей долгое время управление электропотреблением рассматривалось как управление дефицитом мощности. В связи с этим в энергосистемах накоплен большой опыт управления электрическими нагрузками потребителей путем их ограничения в часы максимальных нагрузок энергосистем и в случаях возникновения дефицита мощности или энергии. В такой постановке вопрос о режимном взаимодействии энергосистемы и потребителей электроэнергии не ставился, поскольку энергосистема волевым решением заставляла потребителей снижать нагрузки до требуемого уровня. При этом никакого стимулирования по выполнению этих мероприятий не предполагалось.

Рост цен на импортируемый из России природный газ явился главной причиной роста себестоимости производства электроэнергии в Беларуси, вследствие чего растут тарифы на электроэнергию, отпускаемую потребителям. Кроме того, в республику осуществляется частичный импорт электроэнергии, причем цены на нее и объемы ее получения зависят от времени суток, а нарушение графика импорта влечет за собой штрафы.

Переход к рыночной экономике потребовал разработки новых подходов к управлению электрическими нагрузками, в частности, к поиску взаимовыгодных отношений между поставщиком энергии и потребителем. Такие отношения основываются на режимном взаимодействии электроэнергетической системы с потребителями электрической энергии, позволяющем решить комплекс взаимосвязанных задач формирования оптимально выровненного суммарного графика электрических нагрузок энергосистемы на любом временном интервале за счет изменения графиков нагрузок отдельных потребителей, входящих в ее состав.

Дифференцированные по зонам суток тарифы на электроэнергию являются одним из действенных инструментов организации такого режимного взаимодействия между поставщиком электроэнергии и потребителем, в результате чего выигрывают обе стороны: потребитель имеет возможность реорганизовать режим потребления электроэнергии с целью снижения оплаты за электроэнергию и мощность, а энергосистема при выравнивании ее графика электрических нагрузок снижает удельные расходы топлива на покрытие максимальных нагрузок.

Литература

1. Инструкция по применению двухставочного и двухставочно-дифференцированного по зонам суток тарифов на активную электрическую мощность и энергию с основной платой за фактическую величину наибольшей потребляемой активной мощности в часы максимальных нагрузок энергосистемы. – 2002.
2. Забелло Е.П. Тарифы и тарифные системы на электрическую энергию как способ косвенного управления электрическими нагрузками // Энергоэффективность. – 2000. – № 9. – С. 14–17.
3. Пекелис Б.В. О необходимости и путях рационального изменения тарифов на электроэнергию // Энергия и Менеджмент. – 2004. – № 2. – С. 7–9.

УДК 620.004.5

АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ РЕЗЕРВИРОВАНИЯ РЕЛЕЙНО-КОНТАКТНЫХ СХЕМ

Машко А.В.

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор АНИЩЕНКО В.А.

Особенность надежности релейно-контактных схем обусловлена тем, что контактные элементы находятся в одном из 3-х состояний: работоспособном с вероятностью p_i , иметь отказ типа «обрыв» (контакт не замыкает цепь) с вероятностью q_{i0} , отказ типа «замыкание» (контакт замыкает цепь) с вероятностью q_{i3} . Для каждого i -го контакта выполняется условие:

$$p_i + q_{i0} + q_{i3} = 1.$$

Расчет показателей надежности для резервированных релейно-контактных схем, состоящих из n элементов, производится по выражениям, основанным на биномиальном разложении Ньютона

$$\prod_{i=1}^n (p_i + q_{i0} + q_{i3}) = 1.$$

На основе полученных из этого разложения формул были проведены расчеты показателей надежности для случая статистических независимых отказов элементов и сравнительный анализ схем резервирования с последовательным, параллельным и смешанным (последовательно-параллельным) соединением элементов с максимальным

числом последних $n = 5$ и соответствующих ему числом возможных комбинаций состояния схемы $c = 3^5 = 243$.

Вероятности отказов типа «обрыв» Q_0 и «замыкание» Q_3 схемы последовательного резервирования (рис. 1) с равнонадежными элементами ($q_0 = q_{i0}$, $q_3 = q_{i3}$) определяется выражениями

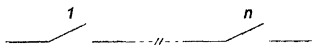


Рис. 1

$$Q_0 = 1 - (1 - q_0)^n;$$

$$Q_3 = q_3^n.$$

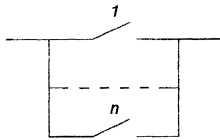


Рис. 2

В соответствии с принципом двойственности вероятности отказов схемы параллельного резервирования (рис. 2) определяются следующим образом.

$$Q_0 = q_0^n;$$

$$Q_3 = 1 - (1 - q_3)^n.$$

Вероятности безотказной работы любой резервированной схемы

$$P = 1 - Q_0 - Q_3.$$

Результаты расчетов при $p_i = 0,8$, $q_{i0} = 0,1$ и $q_{i3} = 0,1$ представлены в таблице 1.

Таблица 1

n	Последовательное резервирование				Параллельное резервирование			
	2	3	4	5	2	3	4	5
P	0,8	0,728	0,653	0,59	0,8	0,728	0,653	0,59
Q ₀	0,19	0,271	0,347	0,410	0,01	0,001	0,0001	0,00001
Q ₃	0,01	0,001	0,0001	0,00001	0,19	0,271	0,347	0,410

Анализ показывает, что надежность последовательных и параллельных схем одинакова (при одном и том же числе элементов) и происходит перераспределение вероятностей отказов при переходе от одной схемы к другой.

В таблице 2 приведены результаты расчетов надежности для смешанных схем резервирования.

Таблица 2

Тип схемы	2 из 3	2 из 4	3 из 4	2 из 5	3 из 5	4 из 5
P	0,944	0,944	0,944	0,91808	0,98288	0,91808
Q ₀	0,028	0,0037	0,0523	0,00046	0,00856	0,08146
Q ₃	0,028	0,0523	0,0037	0,08146	0,00856	0,00046

Мажоритарные смешанные схемы «3 из 5» и «2 из 3» (рис. 3) обеспечивают максимальную вероятность безотказной работы и, в отличие от последовательной и параллельной схем, равнонадежны в отношении как обрыва, так и замыкания цепи. Работоспособность схемы «3 из 5» обеспечивается при 3-х, а схемы «2 из 3» – при 2-х исправных элементах.

Выражения для вероятностей отказов в схеме «3 из 5» имеют вид

$$Q_0 = 6q_0^5 - 15q_0^4 + 10q_0^3;$$

$$Q_3 = 6q_3^5 - 15q_3^4 + 10q_3^3,$$

а в схеме «2 из 3»

$$Q_0 = 3q_0^2 - 2q_0^3;$$

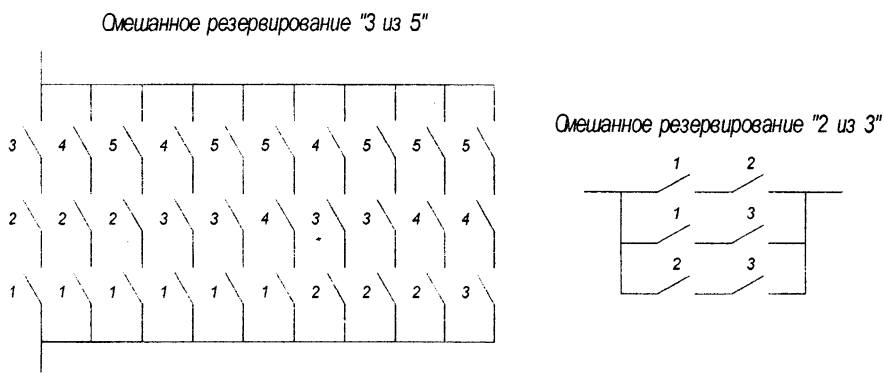


Рис. 3

$$Q_3 = 3q_3^2 - 2q_3^3.$$

Резервирование релейно-контактных схем позволяет существенно повысить надежность работы устройств релейной защиты и автоматики. Нуждается в дополнительном исследовании эффективность резервирования при резко отличающихся вероятностях отказов различных типов и влияние на надежность резервированных схем множественных отказов, вызываемых общей причиной.

Литература

1. Гук Ю.Б. Теория надежности в электроэнергетике. – Л.: Энергоатомиздат, 1990.
2. Диллон Б., Сингх Ч. Инженерные методы обеспечения надежности систем. – М.: Мир, 1984.

УДК 621.311.1

УЧЕТ НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ КАБЕЛЕЙ С ИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА ПРИ РАСЧЕТЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Романов Р.В.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент РАДКЕВИЧ В.Н.

В системах электроснабжения напряжением 6–10 кВ крупных городов и промышленных объектов разных стран широкое распространение получили кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ) [1, 2]. По сравнению с кабелями с бумажной изоляцией указанные кабели имеют более высокую пропускную способность, что в первую очередь обусловлено большей длительно допустимой температурой нагрева жил (+90°C) и меньшим тепловым сопротивлением изоляции и оболочки. В Республике Беларусь в трехфазных сетях напряжением 6–10 кВ применяются одножильные кабели с изоляцией из СПЭ, которые при прокладке располагаются треугольником вплотную.

Расчет потерь мощности, электроэнергии и напряжения в линиях электропередачи, как правило, производится при постоянных значениях активных сопротивлений, определяемых по справочным данным при некоторой температуре жил (обычно при +20°C). Для кабелей с изоляцией из СПЭ погрешность расчета потерь, обусловленная представлением сопротивления в виде постоянной величины, не зависящей от тока нагрузки и температуры окружающей среды, может быть значительной. Активное сопротивление жил кабелей при температуре +90°C примерно на 28 % больше по сравнению с сопротивлением при температуре +20°C. Отметим, что для кабелей с бумажной пропитанной изоляцией погрешность от неучета зависимости сопротивления от температуры жилы не превышает 18 %. В связи с этим расчет потерь мощности, электроэнер-

гии и напряжения в линиях, выполняемых кабелями с изоляцией из СПЭ, следует производить с использованием сопротивлений, рассчитанных при среднем значении температуры жил за рассматриваемый период. При определении потерь напряжения в линиях электропередачи необходимо также учитывать, что реактивное сопротивление кабелей с изоляцией из СПЭ при расположении треугольником в среднем на 35,5 % выше, чем жил того же сечения трехжильных кабелей с бумажной изоляцией [2]. Следовательно, при наличии реактивных нагрузок потери напряжения в одножильных кабелях с изоляцией из СПЭ будут больше, чем в трехжильных кабелях с бумажной изоляцией.

Электрическая емкость одножильных кабелей с изоляцией из СПЭ в среднем на 17 % меньше, чем трехжильных кабелей с бумажной пропитанной изоляцией [2]. В связи с этим в электроустановках с изолированной нейтралью при использовании одножильных кабелей емкостные токи замыкания на землю будут меньше, что также необходимо учитывать как положительный фактор в процессе обоснования целесообразного варианта электрической сети.

Одним из основных преимуществ кабелей с изоляцией из СПЭ является их высокая надежность работы. По данным эксплуатации ряда зарубежных стран вероятность отказа таких кабелей из-за электрического пробоя на 2–3 порядка ниже, чем кабелей с бумажной изоляцией [1]. В литературных источниках нет достоверной информации о параметрах потока отказов и времени восстановления трехфазных линий напряжением 6–10 кВ, выполненных одножильными кабелями с изоляцией из СПЭ. Указанные показатели надежности зависят от качества изготовления и монтажа электрооборудования, условий окружающей среды, культуры эксплуатации инженерных сооружений и т. п. Использовать для оценки надежности статистические данные зарубежных электрических сетей, находящихся в иных условиях функционирования, можно лишь с учетом некоторой степени условности и неопределенности. Поэтому определение числовых значений показателей надежности одножильных кабелей с полимерной изоляцией по результатам испытаний и наблюдений в условиях эксплуатации является важной задачей, решение которой дает возможность производить оценку надежности электроснабжения потребителей, подключенных к распределительным сетям напряжением 6–10 кВ.

Учет указанных особенностей кабелей с изоляцией из СПЭ позволит существенно повысить точность расчета эксплуатационных показателей электрических сетей.

Литература

1. Ветхов П.С. Применение полиэтиленового кабеля среднего напряжения для промышленных предприятий // Промышленная энергетика. – 2001. – № 8. – С. 16–20.
2. Радкевич В.Н., Романов Р.В. Кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена и их основные характеристики // Энергия и менеджмент. – 2004. – № 6. – С. 40–43.

УДК 621.311.16

ИНФОРМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Трушников А.Л.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент РАДКЕВИЧ В.Н.

Сегодня информатизация играет важную роль в обществе. Не меньшую роль информатизация играет и в промышленности. На данном этапе развития промышленной энергетики обмен информацией происходит на личном или директивном уровне. Это означает, что системность в обмене информацией между пунктами ее приема выражена, в основном, в принудительном порядке.

Предлагается глобализировать потоки обмена информацией между пунктами ее приема, обработки, такими как потребители и источники электроэнергии, аналитические и статистические центры. Под аналитическими центрами следует понимать пункты приема информации об эксплуатации энергооборудования и дальнейшего ее анализа с целью выдачи рекомендаций по изменению режима работы энергооборудования на более рациональный. Под статистическими центрами следует понимать пункты сбора информации об эксплуатации энергооборудования с целью формирования статистических данных по конкретному элементу системы электроснабжения. В частности, можно построить информационную систему для оптимизации работы силовых трансформаторов с целью рационального использования энергоресурсов.

Суть информационной системы заключается в систематизации и автоматизации процессов эксплуатации силовых трансформаторов и исключении, или, по крайней мере, снижению, человеческого фактора при оптимизации эксплуатации трансформаторов на конкретных объектах. Такую систему можно условно разделить на три основные функциональные части: теоретический и практический аппараты и базу данных. Все три части являются равнозначно важными и взаимно связанными.

Практический аппарат представляется энергетическим персоналом, обслуживающим силовые трансформаторы, системы управления и, непосредственно трансформаторные подстанции. Сюда же можно отнести централизованный Web-сайт в Интернет и различного рода руководящие документы.

Аппаратная часть системы является независимой, поскольку ее внутренняя работа не зависит в полной мере от теоретического аппарата и баз данных.

Теоретический аппарат включает в себя: набор критериев оптимизации [1, 2], положения теории надежности, связанные с данным видом энергооборудования, способы оценки технического состояния, организацию обмена трансформаторами, требования руководящих документов и предприятий-изготовителей. С помощью этих составляющих вырабатываются рекомендации по режимам работы конкретного электрооборудования.

С практической точки зрения, изложенные положения означают следующее:

- любая трансформаторная подстанция может быть подключена посредством коммуникационных сетей к информационным центрам, которые на основе полученной информации выдают рекомендации по режиму работы конкретной подстанции;
- любой работник, связанный с эксплуатацией электроустановок промышленных объектов может получить необходимую информацию из руководящих документов, справочных данных, а также теоретическую помощь по вопросам оптимизации работы силовых трансформаторов в конкретных условиях;
- своевременно обновляемая база данных позволит упростить реализацию обмена силовыми трансформаторами с целью оптимизации использования установленной мощности трансформаторов;
- сводится к минимуму человеческая работа по сбору статистической информации.

Построение описанной системы информатизации позволит существенно облегчить работу электротехнического персонала и будет способствовать более рациональному использованию энергоресурсов на промышленных объектах.

Литература

1. Трушников А.Л., Радкевич В.Н. Определение удельных потерь активной мощности в трансформаторах // Тезисы докладов НТК студентов и аспирантов. «Актуальные проблемы электроэнергетики». – Мн.: Белорусский национальный технический университет, 2002. – С. 46.
2. Трушников А.Л., Радкевич В.Н. Технико-экономические характеристики силовых трансформаторов промышленных предприятий // Тезисы докладов НТК студентов и аспирантов (апрель 2003 года).

«Актуальные проблемы энергетики». – Мн.: Белорусский национальный технический университет, 2003.
– С. 58.

УДК 621.311.1

ВЛИЯНИЕ ВЫСШИХ ГАРМОНИК НА РАБОТУ СИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Романенко А.О.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент РОМАНОВ В.В.

При работе синхронных машин в условиях несинусоидального напряжения возникают добавочные потери мощности, обусловленные высшими гармониками тока в обмотках статора и ротора. Основная часть добавочных потерь от гармоник в синхронных машинах приходится на долю успокоительной и статорной обмоток; потери в обмотке ротора, как правило, оказываются меньшими.

Суммарные потери $\Delta P_{\Sigma v}$ от высших гармоник

$$\Delta P_{\Sigma v} = \sum_{v=2}^n \Delta P_{\partial v} \left(\frac{U_v}{U_i} \right)^2, \%,$$

где U_i , U_v – действующие значения напряжения соответственно основной и v -ой частоты;

$\Delta P_{\partial v}$ – добавочные потери в синхронной машине от влияния v -ой гармоники.

Расчеты показывают, что даже в случаях недопустимых искажений напряжения (коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения = 10–15 %) добавочные потери от высших гармоник в синхронных двигателях с шихтованным статором и ротором не превосходят нескольких процентов номинальных потерь. Поэтому перегрев явнополюсных синхронных двигателей с шихтованными полюсами на отечественных промышленных предприятиях не наблюдался.

Потери от высших гармоник в синхронных двигателях с массивными полюсами оказываются значительно большими. Работа таких двигателей при несинусоидальном напряжении, как свидетельствует опыт эксплуатации, чревата опасностью недопустимого перегрева и повреждения обмотки возбуждения.

Исследование характеристик изоляции секций обмоток электрических машин, длительное время находившихся под напряжением (2–13-й гармоник) в пределах 10–20 % номинального напряжения при неизменной температуре окружающей среды, позволило установить, что значения коэффициента диэлектрических потерь и сопротивления утечки остались практически неизменными [1]. Для электрических машин учитывается только тепловое старение изоляции.

Относительное сокращение срока службы изоляции при несинусоидальном напряжении:

$$\frac{\Delta t}{t_C} = 1 - 2^{-\frac{\Delta \tau}{\theta}},$$

где

$$\Delta t = t_C - t_{HC} \text{ и } \Delta \tau = \tau_C - \tau_{HC};$$

t_C и t_{HC} – соответственно «время жизни» изоляции при синусоидальном и несинусоидальном напряжениях;

τ_C и τ_{HC} – соответственно температура изоляции в длительном режиме работы оборудования при синусоидальном и несинусоидальном напряжениях;

θ – температурная постоянная, равная приращению температуры, при котором срок службы изоляции сокращается вдвое.

Литература

1. Жежеленко И.В. Качество электроэнергии на промышленных предприятиях. – К.: Техніка, 1981. – 273 с.

СЕКЦИЯ 4. Тепловые электрические станции

УДК 621.(075.8)

КОМБИНИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ

Сорока М.В.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент ЧИЖ В.А.

Вследствие специфической особенности работы ТЭЦ, обусловленной комбинированной выработкой тепловой и электрической энергии, к системе охлаждения основного и вспомогательного оборудования предъявляются особые требования.

Современные ТЭЦ оснащены оборотными системами охлаждения преимущественно с испарительными градирнями, обеспечивающими работу энергоблоков с высокими технико-экономическими показателями, надежность и простоту в эксплуатации, а также высокую маневренность работы турбоагрегатов.

Однако известные объективные обстоятельства, связанные с работой испарительных градирен, негативно отражаются на окружающей среде, а размещение ТЭЦ в пределах городской черты оказывает отрицательное воздействие на социальную среду обитания человека. Все это представляет собой серьезные проблемы, решение которых является неременной и составной частью современных требований, предъявляемых к строительству энергетических объектов.

Решение этой проблемы путем применения на ТЭЦ воздушно-конденсационных установок (ВКУ) с «сухими» градирнями также не представляется возможным из-за высокой стоимости сооружения и значительных простоев дорогостоящего теплообменного оборудования ВКУ при работе энергоблоков ТЭЦ в теплофикационном режиме.

Аналогичные проблемы возникают при использовании на ТЭЦ ВКУ с прямой конденсацией пара, хотя применение воздушных конденсаторов имеет свои преимущества перед сухими градирнями, особенно для блоков относительно малой единичной мощности (благодаря отсутствию промежуточного циркуляционного контура, простоте в управлении, меньшему температурному напору на конденсационной установке и т. д.).

В качестве компромиссного решения может быть целесообразным применение комбинированных систем охлаждения. Такие системы сочетают в себе преимущества испарительных и «сухих» (воздушных) охладителей и могут быть выполнены как в виде совмещенных охладителей (гибридные градирни) так и в виде отдельно стоящих.

По своей охлаждающей способности комбинированные системы охлаждения превосходят ВКУ, несколько уступая системам охлаждения с испарительными градирнями.

Как показывают проектные разработки, применение на ТЭЦ комбинированных систем охлаждения позволяет:

- повысить экологичность работы ТЭЦ при сокращении поверхности теплообмена воздушного конденсатора и уменьшение диаметров подводящих паропроводов;
- исключить простой дорогостоящего теплообменного оборудования и возможность возникновения аварийных ситуаций, вызываемых его замерзанием в зимнее время;
- сократить размеры испарительного охладителя и, как следствие, уменьшить потери воды на испарение, капельный унос и продувку системы техводоснабжения.

Следует также отметить, что равным образом могут быть использованы на ТЭЦ для ПТУ, оснащенных конденсационными установками поверхностного типа.

Положительный опыт эксплуатации гибридных градирен в Германии показал перспективность их использования на современных ТЭЦ, что позволит снизить водопотребление и существенно уменьшить вредное воздействие ТЭЦ на окружающую среду.

Таким образом, применение на ТЭЦ комбинированных систем охлаждения позволяет эффективно решать проблемы, возникающие при использовании на них ВКУ, характеризующихся высокой стоимостью и нерациональным использованием дорогостоящего оборудования. По сравнению с ВКУ применение комбинированных систем охлаждения на ТЭЦ позволяет:

- сократить не менее чем вдвое количество дорогостоящего теплообменного оборудования и тем самым сократить стоимость системы охлаждения в целом;
- исключить простой теплообменного оборудования и обеспечить его круглогодичное использование;
- существенно увеличить охлаждающую способность системы.

По сравнению с испарительными градирнями комбинированные системы охлаждения дают возможность:

- сократить безвозвратное водопотребление;
- повысить экологичность ТЭЦ.

Литература

1. Королев И.И. О комбинированных системах теплоснабжения // Теплоэнергетика. – 1996. – № 11. – С. 49–54.

УДК 621.182

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КПД КОТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА ПО МЕТОДИКЕ М.Б. РАВИЧА ПРИ СЖИГАНИИ РАЗЛИЧНЫХ ТОПЛИВ

Бурак Е.М.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент ТАРАСЕВИЧ Л.А.

Составление теплового баланса по результатам периодически проводимых теплотехнических испытаний каждого котельного агрегата является частью общей задачи нормирования, учета и расхода топлива котельной установкой. Данные теплового баланса представляют характеристику экономичности котла. Объективность оценки определения КПД котлоагрегата является важным стимулом экономии топливно-энергетических ресурсов.

Существующие общие положения о порядке учета и контроля ТЭР не регламентируют методы анализа технического состояния и эффективности работы оборудования. Выбор методик обработки результатов теплотехнических испытаний осуществляется согласованным решением инженерно-технического персонала предприятия и специализированной наладочной организацией.

При определении КПД по различным методикам, как правило, получается неполное соответствие результатов. При использовании одних и тех же данных измерений невязка теплового баланса при подсчете КПД по различным формулам составляет обычно 0,2–0,3 %, а в некоторых случаях может достигать 1,0–1,5 %.

Таким образом, при неудовлетворительном выборе расчетного алгоритма оценка эффективности отдельных мероприятий по экономии топливно-энергетических ресурсов может оказаться искаженной.

В большинстве случаев по результатам теплотехнических испытаний котлоагрегата при определении КПД используется методика Равича М.Б. В основе метода лежит ряд преобразований уравнений определения потерь с уходящими газами (q_2) и потерь химической неполноты сгорания (q_3).

Определение потерь q_4 , q_5 , q_6 не отличается от нормативного метода. Определение КПД котлоагрегата вычисляется по обратному балансу.

Исходная идея преобразования уравнения определения потерь с уходящими газами заключается в формальной замене весьма малостабильной величины – теплоты сгорания топлива – значительно более постоянной для определения групп топлив характеристикой – жаропроизводительностью.

В этом случае формула М.Б. Равича определения потерь с уходящими газами имеет вид

$$q_2 = \frac{t_{yx} - l \cdot t_{ex}}{t_{\max}} \cdot [C^l + (m - 1) \cdot B \cdot K^l] \cdot 100,$$

где m – коэффициент разбавления продуктов сгорания воздухом;

l , B – усредненные характеристики топлива, определяются по таблицам в зависимости от вида топлива;

C^l , K^l – поправочные коэффициенты, зависят от температуры продуктов сгорания;

t_{\max} – индивидуальная топливная характеристика.

Таким образом, вместо громоздких вычислений удельных объемов и энтальпий продуктов сгорания в данном методе используются две обобщенные характеристики t_{\max} и B и два табличных параметра.

Однако рациональность исходной идеи скомпрометирована рядом искусственных упрощений, вводимых автором метода с целью сохранения компактности расчетной формулы для q_2 . По приведенным в работе [1] оценкам сжигания газообразных топлив и мазута в сопоставлении с нормативным методом среднее отклонение Δq_2 в сторону преуменьшения составляет 0,17 %, в сторону преувеличения – 0,13 %. Соответственно с обратным знаком вносится методическая погрешность в оценку фактического КПД топливоиспользующего агрегата.

Ввод коэффициента l вносит уточнение в определение q_2 при эксплуатационных значениях коэффициента избытка воздуха (α) в пределах 1,0–1,2. Если по каким-либо причинам топливо сжигается с более высоким α , то расчетная потеря тепла оказывается заметно завышенной против фактической.

Особенно велико значение методической погрешности для забалластированных топлив. Так в случае индивидуального сжигания доменного газа при $t_{ex} = 30^\circ\text{C}$ расчетная потеря тепла с уходящими газами занижена на 0,95 %. Соответственно КПД котла или нагревательной печи оказывается искусственно завышенным примерно на 1 %.

Дополнительная погрешность определения q_2 по методу М.Б. Равича возникает в результате необоснованного усреднения значений t_{\max} для некоторых видов топлив. Эта составляющая общей погрешности особенно заметна при сжигании забалластированных топлив и мазута. Во всех практических расчетах для доменного газа однозначно принимается $t_{\max} = 1470^\circ\text{C}$. Однако как показал статистический анализ состава доменных газов по 22 металлургическим заводам, действительное значение t_{\max} изменяется от 1400 до 1535 $^\circ\text{C}$.

Очевидно, что при принятии к расчету среднего значения t_{\max} для отдельных потребителей доменного газа систематическая относительная погрешность определения

q_2 может достигать 4,8 %, а дополнительная абсолютная погрешность определения КПД – 0,5 %.

Рекомендуемое [2] для мазутов значение $t_{\max} = 2100^\circ\text{C}$ относится к обезвоженному мазуту марок М40 и М100. Используя справочные данные о теплоте сгорания и о теоретических удельных объемах продуктов сгорания нетрудно убедиться, что при сжигании мазутов различных марок с механическим распыливанием значение t_{\max} составляет 2060–2140 $^\circ\text{C}$, а при паровом распыливании снижается – 1990–2030 $^\circ\text{C}$. В последнем случае относительная погрешность определения q_2 составляет около 4 %, а КПД оказывается завышенным в среднем на 0,4 %.

Поэтому в условиях ужесточения требований к экономии топливно-энергетических ресурсов практическое использование формулы М.Б. Равича определения потерь с уходящими газами рекомендуется применять в большей степени для предварительной оценки с дальнейшим уточнением по нормативному методу.

Литература

1. Равич М.Б. Эффективность использования топлива. – М.: Наука, 1977. – 344 с.
2. Янкелевич В.Я. Наладка газомазутных промышленных котельных. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 216 с.

УДК 621.182

ГЛУБОКАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛОТЫ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ КОТЛАХ

Бурак Е.М.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент ТАРАСЕВИЧ Л.А.

Современные промышленные паровые котлы оборудованы хвостовыми поверхностями, обеспечивающими снижение температуры продуктов сгорания до 140–180 $^\circ\text{C}$. Дальнейшего снижения заводы изготовители не предусматривают, однако техническая возможность дополнительной утилизации теплоты продуктов сгорания имеется, особенно при сжигании газа. Необходимость рассмотрения этой проблемы связана также с тем, что в настоящее время на всех промышленных предприятиях остро стоит вопрос о необходимости использования вторичных ресурсов.

Принципиальная схема использования теплоты уходящих газов для подогрева дутьевого воздуха приведена на рис. 1.

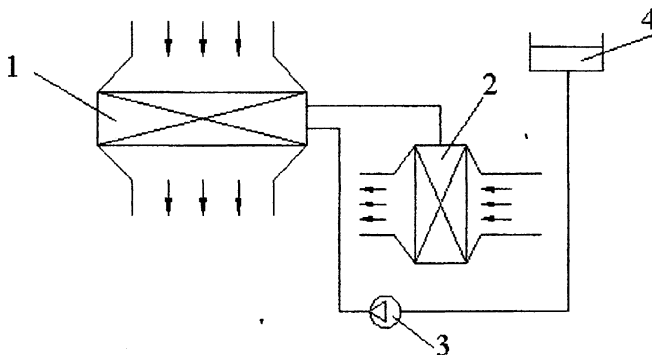


Рис. 1. Воздухоподогреватель с промежуточным теплоносителем: 1 – калорифер в газоходе; 2 – калорифер в воздуховоде; 3 – циркуляционный насос; 4 – расширительный бочек

В газоходе и воздуховоде котельной установки устанавливают сантехнические калориферы, связанные контуром промежуточного теплоносителя. В качестве теплоно-

сителя можно использовать обычную воду. Тепловой расчет таких схем обычно выполняют по методикам, принятым при проектировании систем вентиляции с утилизацией теплоты вытяжки. Этот метод достаточно сложен, и его практическое применение требует специальной подготовки.

Если нижняя температура промежуточного теплоносителя заведомо положительна при всех опасных режимах работы, то в качестве теплоносителя можно использовать воду. Если при низких температурах воздуха температура промежуточного теплоносителя приближается к нулю, можно либо увеличить площадь поверхности нагрева горячего теплообменника (в газоходе), либо уменьшить площадь поверхности нагрева холодного теплообменника в воздуховоде.

Также следует отметить, что при температуре промежуточного теплоносителя ниже 55–60°C действительный коэффициент теплопередачи горячего теплообменника, размещенного в продуктах сгорания газового топлива, будет выше расчетного из-за конденсации из них водяных паров. Это приведет к дополнительному повышению средней температуры теплоносителя.

Литература

1. Борщов Д.Я. Повышение экономичности чугунных котлов. – М.: Стройиздат, 1985.

УДК 621.181

НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРИ ВВОДЕ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ МИНИ-ТЭЦ

Юшкевич В.В.

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор КАРНИЦКИЙ Н.Б.

Малая отечественная энергетика за последнее десятилетие стала заметным явлением. На территории стран СНГ на сегодня работают и строятся более 250 мини-ТЭЦ разного типа общей электрической мощностью около 1700 МВт. Это говорит о том, что потребность в таких установках существует, несмотря на значительное количество проблем, в том числе правового характера. Пионерами по строительству мини-ТЭЦ являются: Вологодская область, Республика Башкортостан, Республика Беларусь, Калужская область, Краснодарский край, Московская область, Ленинградская область.

Объектами малой энергетики в первую очередь являются производственные и районные котельные, имеющие значительные тепловые нагрузки. Установка противодавленческих паровых турбогенераторов при таких котельных увеличивает объем потребляемого топлива на 5–10 %, при этом в значительной степени производится покрытие собственных нужд по электроэнергии котельной, а иногда и предприятия, на территории которого находится котельная, или других объектов того же ведомства. Удельная стоимость установленной электрической мощности приблизительно в два раза меньше в сравнении с вариантом создания мини-ТЭЦ на новом месте, что связано с наличием паровых котлов и сетевой инфраструктуры котельной.

Так же следует обратить внимание на новейшие разработки западных фирм в области малой энергетики. По мнению западных специалистов, газовые турбины находят широкое применение в производстве электроэнергии как агрегаты пикового тока. Электрический КПД больших установок составляет 35–38 %, характеристики при частичной нагрузке скорее неудовлетворительные. Однако большой срок службы, очень незначительные инвестиционные затраты в мегаваттном диапазоне мощностей, большая доля пригодной для использования энергии уходящих газов и очень небольшая эмиссия вследствие непрерывного горения являются достоинствами этой технологии. Поэтому

до настоящего времени было нецелесообразно применять турбины в диапазоне мощностей менее 500 кВт. Это стало возможным только в результате комбинации двух мероприятий: рекуперации и обратной подачи части объемного потока уходящего газа в компрессор с одной стороны и прямого присоединения генератора. В сочетании с не зависящим от скорости вращения инвертированием тока посредством силовой электроники достигаются наряду с приемлемыми показателями электрического КПД более 25 % и общего КПД более 70 % также хорошие показатели КПД при неполной нагрузке. Эти последние параметры имеют решающее значение для использования на небольших объектах.

Небольшие газовые турбины в настоящее время разрабатываются многими западными производителями, такими, к примеру, как Allied Signal Engines, Northern research & Engineering Corp., Turbec, Capstone Turbine и Bowman. Образцовыми считаются разработки фирм Capstone и Bowman. Газовая турбина фирмы Capstone дооборудована фирмой ГАЗ (GAS) для потребителей тепла на европейском рынке. Этот агрегат имеет мощность более 28 кВт при КПД около 26 % и общем коэффициенте использования свыше 70 %. Агрегат может при неполной нагрузке развивать мощность до 10 кВт при КПД менее 18 %. Используемая температура уходящих газов составляет от 250 до 300°C. Примеры исполнения малых мини-ТЭЦ демонстрируют достаточно высокое развитие. В целом можно отметить больший интерес к мини-ТЭЦ, основанным на топливных элементах. Это объясняется их более высоким электрическим КПД, которого можно достичь даже в диапазоне неполной нагрузки и с небольшими капиталовложениями. Топливные элементы располагают хорошим соотношением выполняемой работы и инвестиционных затрат. Однако именно по топливным элементам эти затраты пока что очень велики. Предполагаемый потенциал по снижению затрат еще только предстоит реализовать. Здесь стирлинговые агрегаты, по крайней мере, в среднесрочной перспективе, имеют преимущество. В силу того, что их технология изготовления сопоставима с технологией изготовления традиционных моторов внутреннего сгорания, их потенциал по снижению затрат легче рассчитать. Однако здесь особенно в недорогих, простых решениях достигается более низкий электрический КПД порядка 15–20 %. Преимущество заключается в возможности их сочетания с модифицированными отопительными установками домов, а также в низких показателях эмиссии вредных веществ, уровня шума и необходимости техобслуживания.

Также вопросами разработки турбин небольшой мощности занимаются и в Российской Федерации, хотя бы на примере ОАО “Калужский турбинный завод” (турбина типа ПР установлена на Бобруйской ТЭЦ-1). Разработками турбин малой мощности также занимаются практики и теоретики Республики Беларусь (на примере турбин ТРБ), которые в перспективе также должны занять свою нишу в энергетике.

Применительно же к Республике Беларусь, следует отметить, что на сегодняшний день идет “активный поиск местных видов топлива”. Поэтому для Беларуси более актуальным стоит вопрос о мини-ТЭЦ на местных видах топлива.

Первая мини-ТЭЦ в РБ на местных видах топлива будет построена в городе Осиповичи (Могилевская обл.) в 2005 году. “Первоначально станция сможет снабжать тепловой энергией часть города. В последующем не исключается возможность использовать ее мощности для нужд всего города. Технически это сделать сложно, но реально”. Между тем, высокая стоимость доставки биотоплива на такие станции является основной проблемой в реализации проекта. Однако проблема может быть решена путем привлечения к доставке топлива частных структур и создания для них благоприятных условий в этой сфере. Государственная программа по созданию мини-ТЭЦ на местных видах топлива, рассчитанная на 2004–2006 годы, предусматривает строительство новых и перевод на древесные виды топлива действующих ТЭЦ. В результате к концу

2006 года на местных видах топлива в Беларуси будут работать 15 мини-ТЭЦ общей мощностью около 20 МВт. При этом перевод этих объектов на местные виды топлива обеспечит замещение 60 000 т у.т. в год.

УДК 621.181

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ ДЛЯ НАСОСОВ И КОМПРЕССОРОВ ОТ 1000 ДО 80000 КВТ

Панковец А.Н.

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор КАРНИЦКИЙ Н.Б.

В настоящее время множество производственных процессов может быть улучшено путём применения регулирования скоростей электродвигателей. Чем больше мощность процесса и чем выше требования к работе оборудования, тем больше прибыль, получаемая от электронных средств управления скоростью. Одно только энергосбережение по приводу в несколько мегаватт может возместить стоимость системы управления скоростью всего за считанные месяцы.

Лучшее управление технологическим процессом является ещё одним преимуществом регулируемого привода. Можно получить более точное регулирование скоростью и моментом, а также превосходную динамику объекта. Там же, где обязательна точная координация, управляющая система гарантирует оптимальность относительной скорости двигателя. Таким образом, приводы с регулируемой скоростью являются обязательной исходной точкой эффективной автоматизации.

Наряду с более плавным протеканием процесса и энергосбережением, электронное управление скоростью означает также уменьшение эксплуатационных проблем, поскольку механические нагрузки на механизмы, подшипники и валы становятся меньше. Это увеличивает время эксплуатации и сокращает вынужденные простои. Невысокий пусковой ток также уменьшает механические и тепловые нагрузки на механизмы и отрицательное влияние пускового тока на систему электроснабжения. Все эти факторы вносят вклад в высокую надёжность и максимальную работоспособность предприятия. И – что представляется особенно важным в наши дни, – электропривод не представляет никакой опасности для окружающей среды.

Управление скоростью и мягкий запуск применяется для:

- центробежных и осевых компрессоров;
- вентиляторов и воздуходувок;
- поршневых компрессоров;
- насосов для трубопроводов, насосов для инжекторов, насосов для различных других применений;
- газовых турбин.

Преимущества регулируемых электроприводов:

- плавный запуск и плавное управление технологическим процессом приводит к более высокой производительности, улучшает качество конечного продукта;
- заметное энергосбережение;
- отсутствие проблем с загрязнением окружающей среды (низкий шум, никаких выбросов);
- более широкий диапазон управления скоростью;
- сравнительно небольшие капиталовложения;
- низкие требования на уход;
- высокая надёжность и готовность;

- большая гибкость в размещении на производственных площадях и при эксплуатации;
- более быстрая самоокупаемость.

Вопрос сравнительных достоинств электропривода и газотурбинного привода играет чрезвычайно важную роль в процессе принятия решений, особенно для мощных приводов. Часто дискуссия начинается с требований по охране окружающей среды. При условии наличия в данном месте электроснабжения при разумной стоимости электроэнергии, электропривод имеет ряд существенных преимуществ. Это является веской причиной для существенного увеличения количества внедрений электроприводов. Таблица ниже сравнивает наиболее важные черты двух подходов.

Сравнение электропривода и газотурбинного привода

Характеристики	Газовые турбины	Частотно-регулируемые электроприводы
КПД	низкий	очень высокий
Величина начального капиталовложения	высокая	средняя
Потребность в текущем обслуживании	высокая	очень низкая
Надёжность	средняя	высокая
Работоспособность	средняя	высокая
Загрязнение, выбросы	высокое	нет
Диапазон управления скоростью	ограниченный	широкий
Точность управления скоростью	средняя	высокая
Гибкость в конструкции	низкая	высокая
Время запуска	среднее	краткое (секунды)
Уровень шума	очень высокий	средний

Из таблицы сравнения видно, что выгоднее оказываются частотно-регулируемые электроприводы, чем газотурбинные приводы.

УДК 621.181

ЛИГНИН КАК ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ТОПЛИВО И СПОСОБЫ ЕГО СЖИГАНИЯ

Юшкевич В.В.

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор КАРНИЦКИЙ Н.Б.

С учетом постоянного роста цен на углеводородное топливо – нефть и газ – возникает необходимость не только бережного отношения к его использованию, но и поиска путей увеличения в балансе республики доли местных видов топлива, а также возобновляемых источников энергии. Из местных видов топлива в Беларуси в основном используются торф, дрова и частично органические отходы деревообрабатывающих производств. Органические отходы в виде гидролизного лигнина (основа составной части древесины), получаемого при производстве спирта, практически не используются, и его запасы в отвалах по разным оценкам превышают 5 млн. тонн, а ежегодный прирост на гидролизных заводах достигает 300 тыс. тонн.

Сложность подготовки лигнина к сжиганию в энергетических котлах состоит в том, что при сушке и механической переработке он взрывоопасен, и в странах СНГ опыта применения такого вида топлива пока нет.

Лигнин эффективно сжигать совместно с фрезерным торфом. Приведем основные характеристики лигнина и фрезерного торфа (по нормативному методу).

Характеристики фрезерного торфа и лигнина

Состав, % (по массе)	Обозначение величин	Лигнин	Фрезерный торф
Содержание общей влаги, %	W ^P	53–71,5	50
Зольность, %	A ^P	5,5–10,5	6,3
Содержание пиритной серы, %	S ^P	0,33*	0,1
Содержание углерода, %	C ^P	54,57*	24,7
Содержание водорода, %	H ^P	5,95*	2,6
Содержание азота, %	N ^P	0,23–0,42*	1,1
Содержание кислорода, %	O ^P	39,00*	15,2
Предельные значения W _{пр} , %	W _{пр}	–	52,0
Предельные значения A _{пр} , %	A _{пр}	–	23,0
Влага гигроскопическая, %	W ^{гн}	–	11
Выход летучих (в % к сухой беззольной массе)	V ^г	70–72	70,0
Зольность на сухую массу, %	A ^с	–	12,5
Теплота сгорания по бомбе, МДж/кг	Q _б	8,51–11,76	22,9
Низшая теплота сгорания, МДж/кг	Q _H ^P	4,26–5,570	8,12
Массовая доля кислот в пересчете на серную кислоту, %	H ₂ SO ₄	Не более 1,5	отсутствует

Для сжигания лигнина (либо лигнина с фрезерным торфом) целесообразным является ввод в эксплуатацию на ТЭЦ котлов, спроектированных на сжигание именно этих видов топлива, а не модификации уже существующих парогенераторов, а для растопки и подсветки (поддержания горения основного твердого топлива) можно использовать природный газ либо топочный мазут.

Технология такого сжигания заключается в организации газификации топлива в предтопке «кипящего слоя» при температуре 700–900°C и дожигании продуктов газификации (парогазовой смеси и уноса мелочи полукокса) в топке котла. Складированное в буртах топливо (гидролизный лигнин и (или) фрезерный торф) погрузчиком с ковшом-дробилкой подается в приемный бункер топлива, оборудованный скребковыми конвейерами. Далее перегружается на скребковый конвейер и транспортируется в здание ТЭЦ. Далее топливо перегружается на ленточный транспортер, оборудованный металлоискателем и плужковым сбрасывателем и поступает в расходный бункер топлива. По двум течкам топливо подается в предтопок «кипящего слоя» котла и забрасывается на зеркало «кипящего слоя» инертного наполнителя. В качестве инертного наполнителя можно принять кварцевый песок фракцией 0,5–2 мм. Инертный наполнитель подается из расходного бункера песка шнековым питателем в течи топлива. В кипящем слое при температурах 700–900°C протекает процесс неполного горения топлива при его взаимодействии с воздухом первичного дутья. Воздух первичного дутья подается на воздухораспределительную решетку с $\alpha \approx 0,3–0,4$ вентилятором горячего дутья.

В ходе неполного горения топлива в «кипящем слое» образуется низкокалорийная парогазовая смесь, которая, смешиваясь с мелкофракционными частичками полукокса, поступает в топку котла через окна в фестонной разводке фронтального экрана. Несгоревшие в факеле частицы полукокса сепарируются вместе с мелкофракционным песком (≤ 400 мкм), выносимым из предтопка, в холодной воронке котла, где дожигаются в узле донного дутья в воздушных струях третичного дутья. Крупные фракции (шлак, спеки, инородные материалы) вместе с песком периодически удаляются из предтопка и по течкам шлака поступают на два шнековых питателя шлака. Для отделения рабочих фракций песка от крупных включений шнековый питатель должен быть снабжен устройством сепарации рабочей фракции песка. Шлак и мелкофракционный песок из хо-

лодной воронки котла скребковыми транспортерами удаляется в бункер-накопитель. Дымовые газы после котла должны проходить очистку. Решетка воздухораспределительная такого котла должна быть оборудована системой регенерации «кипящего слоя»; здесь необходима установка датчиков уровня и температуры «кипящего слоя».

Конечно, отдельное внимание также должно быть уделено экологии процесса сжигания. По существующим нормам выбросы загрязняющих веществ в атмосферу не должны превышать:

- окислы серы (SO_2) – 200 мг/нм³;
- окись углерода (CO) – 1200 мг/нм³;
- окислы азота (NO_x) – 150 мг/нм³;
- твердые частицы – 50 мг/нм³;
- бензапирен – 215 мкг/100нм³;
- формальдегид – 10 мг/нм³.

Все численные значения допустимых выбросов соответствуют дымовым газам с содержанием кислорода 6 % ($\alpha = 1,4$).

Также необходимо отметить, что по объему топка с «кипящим слоем» в 2–3 раза меньше других. За счет этого создается избыточное воздушное давление, и топливо горит как бы во взвешенном состоянии, как в кузнечном горне. На химическом уровне обеспечивается полное сгорание углерода. В итоге экономия топлива на один котел составит за сезон до одной тонны, не будет сажи, уменьшатся выбросы в атмосферу. В настоящее в планах Минэнерго на Бобруйской ТЭЦ-1 построить котел, предназначенный для сжигания лигнина, и работы уже ведутся.

УДК 621.(075.8)

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПРЕДОЧИСТКИ

Сорока М.В.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент ЧИЖ В.А.

Анализ составляющих себестоимости обработки воды методом ионного обмена показал, что затраты на реагенты составляют 30–40 %; на иониты – 14–16 %; на воду на собственные нужды – 10–12 %.

Видно, что существенное снижение себестоимости обработки воды можно достичь уменьшением расхода реагентов и воды на собственные нужды, что снизит также затраты на ликвидацию сточных вод, так как при этом уменьшится их количество.

Получение высокого качества обессоленной воды, отвечающего современным международным нормам, немислимо без резкого повышения эффективности работы установок предочистки воды, прежде всего по глубине удаления в осветлителях суспендированных и органических веществ.

Проблемы отечественных установок предочистки известны давно и основными из них являются:

- применение несовершенного оборудования и вспомогательных материалов;
- отсутствие специальных средств автоматизированного контроля качества осветленной воды, особенно по содержанию органических веществ;
- отсутствие широкого ассортимента коагулянтов и флокулянтов.

К настоящему времени морально устарели осветлители конструкции ВТИ, которые были разработаны около 30 лет назад.

В ВТИ совместно с СКБ ВТИ были разработаны 2 типа новых осветлителей: жалюзийного типа и с циркулирующей шлама. Через осветлители этих типов можно пропускать обрабатываемую воду с более высокими скоростями, и их эксплуатация возможна

Без жесткого соблюдения постоянного расхода обрабатываемой воды; вынос шлама из них значительно уменьшится, эффективность удаления органических веществ увеличится в результате более стабильной работы шламового фильтра.

Управление технологическими процессами в осветлителе ОРАШ-300 – автоматическое, с помощью системы, созданной на базе ПТК «Квинт» по техническому заданию технического цеха ТЭЦ-22 и воздействующей на устройства.

Создано автоматизированное рабочее место оператора, обслуживающего данный узел предочистки. На щите управления установлен компьютер, на мониторе которого отображена мнемосхема осветлителя и выделены основные узлы, участвующие в регулировании.

Новый осветлитель с рециркуляцией активного шлама обладает следующими особенностями в сравнении с ныне действующими аппаратами со взвешенным слоем осадка:

- отсутствует воздухоотделитель в качестве самостоятельного конструктивного элемента;

- ввод воды осуществляется в осветлитель через гидроэлеватор, который обеспечивает принудительную рециркуляцию шлама и перемешивание обрабатываемой воды с химреагентами;

- отсутствует система горизонтальных и вертикальных успокоительных решеток;

- установлен жалюзийный сепаратор для доочистки обрабатываемой воды от тонкодисперсной взвеси;

- непрерывная продувка отводится из шести точек кольцевого шламоприемного устройства.

В осветлителе ОРАШ-300 достигается такой же эффект декорбанизации воды, как и в осветлителе традиционного ряда ВТИ при налаженном режиме их эксплуатации.

Осветлитель ОРАШ-300 является более мобильным аппаратом. Он быстрее выходит на заданный технологический режим работы и приспосабливается к отклонениям от него.

Жалюзийный сепаратор – новый конструктивный узел осветлителя ОРАШ-300 – работает эффективно: мутность воды в нем снижается в 1,5–3,0 раза.

В обработанной в осветлителе воде содержание соединений железа составляет 120 мкг/л; взвешенных веществ – 1,2 мг/л; мутность – 3 мг/л.

Литература

1. Полевич А.Н. Новый осветлитель с рециркуляцией активного шлама ОРАШ-300 // Энергосбережение и водоподготовка. – 1999. – № 2. – С. 62–65.

2. Мишенин Ю.Е., Полевич А.Н. Повышение эффективности работы предочистки // Электрические станции. – 2000. – № 11. – С. 31–33.

УДК 621.181

СОЗДАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Панковец А.Н.

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор КАРНИЦКИЙ Н.Б.

Одним из направлений по совершенствованию контроля за техническим состоянием электростанций является составление на каждой станции электронных баз данных (БД) по результатам работы оборудования. Программный комплекс "База данных высоких технологий в энергетике" представляет собой распределенную систему хранения и обработки информации, позволяющую проводить редактирование данных, поиск и

анализ информации. При построении программного комплекса были решены несколько принципиальных задач, связанных как с удобством работы пользователей, так и с возможными вариантами функционирования системы. В качестве СУБД выбран Interbase версии 6.0. По сравнению с Россией в Республике Беларусь количество установленного оборудования значительно меньше, что позволяет в более короткие сроки сформировать основные пункты БД. Расширение БД в первую очередь необходимо проводить за счет использования информации по работе однотипного оборудования в других государствах.

В состав БД могут входить:

- характеристики установленного оборудования;
- показатели надежности, экономичности, экологичности;
- свойства металлов и опытные данные по их эксплуатации;
- технологические мероприятия и передовые технологии;
- нормативные документы;
- информация о компаниях присутствующих на рынке;
- заявки электростанций на закупку комплектующих и т. д.

Подобная система прежде всего должна иметь возможность проводить анализ отечественного и зарубежного опыта создания и продвижения высоких технологий в энергетическом секторе, давать возможность анализировать и сравнивать по степени эффективности мировые рынки высоких энергетических технологий: структуру, динамику, взаимодействие, конкуренцию и перспективы.

Разрабатываемые методы и средства должны позволять проводить системный анализ современного состояния и перспектив развития высоких энергетических технологий, обеспечивать получение и обработку информации из различных источников, включая рекламные буклеты различных компаний, патенты, Web-сайты компаний, пресс-релизы выставок и конференций, научные и технологические публикации и т. п. Анализ и прогноз развития высоких энергетических технологий в рамках развиваемых методов и средств должен содержать конкретные технологические направления, среди которых:

- системы дистанционного обучения высоким технологиям;
- системы дистанционного мониторинга;
- системы управления предприятиями, цехами и процессами;
- электронный магазин энергетических технологий;
- технологии управления и контроля технологическими процессами в энергетике;
- технологии управления и контроля системами безопасности в энергетике;
- технологии информационного управления персоналом в энергетике;
- технологии диспетчеризации электрических и тепловых сетей;
- системы мониторинга за состоянием энергетического оборудования;
- технологии использования топлива;
- энерго- и ресурсосберегающие технологии;
- системы контроля электрической и тепловой энергии;
- новые материалы в энергетике;
- системы подготовки, обработки, консервации и утилизации энергетического оборудования;
- системы управления качеством в энергетике.

Безусловно, при разработке и создании информационно-аналитической системы одним из ключевых должен быть вопрос о маркетинге высоких энергетических технологий. Здесь маркетинговые процессы должны охватывать не только первичный, но и вторичный рынки перспективных технологий. Сегодня в мире подобная система отсутствует, хотя в последние годы во многих компаниях при разработке специальных про-

граммных средств управления предприятиями все чаще ставится вопрос об аналитических методах анализа и маркетинга технологического рынка.

Прогнозирование развития энергетического сектора невозможно без аналитического прогноза разработок и продвижения высоких энергетических технологий, соответствующих исследований технологического рынка, использования современных информационных технологий, в том числе микропроцессорной техники и технологий удаленного доступа. Все эти проблемы, которые сегодня кажутся далёкими для реального энергетического сектора, могут в самое ближайшее время резко изменить всю структуру энергетического бизнеса, переоценить роли различных составляющих в развитии энергетических компаний, показать важнейшую роль высоких энергетических технологий на рынке услуг.

УДК 658.264

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЗА СЧЕТ ВНЕДРЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОЧИСТКИ

Добровольский Ю.В.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент ТАРАСЕВИЧ Л.А.

На предприятиях большой и малой энергетики в эксплуатации находится большое количество теплообменного оборудования, которое работает в различных температурных условиях. В качестве греющего агента применяется пар, горячая вода, нагретые продукты нефтепереработки и других производств. От состояния поверхности нагрева теплообменного оборудования зависит эффективность его работы.

Загрязнения поверхности нагрева теплообменного оборудования различными отложениями резко снижают коэффициент теплопередачи и это приводит к значительному увеличению расхода тепла. Характер отложений на теплообменной аппаратуре зависит от свойств греющего агента и нагреваемой среды.

Количество тепла Q , передаваемого от греющего агента нагреваемой среде, определяется по формуле

$$Q = kF\Delta t,$$

где k – коэффициент теплопередачи, Вт/(м²·°С);

F – поверхность теплообмена, м²;

Δt – температурный напор, °С.

Связь коэффициента теплоотдачи, коэффициента теплопроводности материала стенки теплообменной поверхности и слоя загрязнений с коэффициентом теплопередачи выражается уравнением

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{d_n - d_{вн}}{\lambda_{ст}} \frac{d_{вн}}{d_{ср}} + \frac{\delta}{\lambda_3} \frac{d_n + 2\delta}{d_{ср3}} + \frac{1}{\alpha_2}},$$

где α_1 – коэффициент теплоотдачи внутри теплообменной трубы, Вт/(м²·°С);

α_2 – коэффициент теплоотдачи снаружи теплообменной трубы, Вт/(м²·°С);

$d_{вн}$ – внутренний диаметр теплообменной трубы, м;

d_n – наружный диаметры теплообменной трубы, м;

$d_{ср}$ – средний диаметр теплообменной трубы, м;

$d_{ср3}$ – средний диаметр слоя загрязнений, м;

δ – толщина слоя загрязнений, м;

λ_{cm} – коэффициент теплопроводности материала теплообменных труб, Вт/(м·°C);

λ_z – коэффициент теплопроводности загрязнений, Вт/(м·°C).

Эту формулу можно представить в следующем виде

$$k = \frac{1}{R_1 + R_{cm} + R_z + R_2},$$

где R_1 – термическое сопротивление со стороны внутренней стенки трубы;

R_{cm} – термическое сопротивление материала стенки трубы;

R_z – термическое сопротивление слоя загрязнений;

R_2 – термическое сопротивление со стороны наружной стенки трубы.

Для определения влияния отложений на коэффициент теплопередачи от стенки трубы к нагреваемой жидкости (для теплообменника-подогревателя мазута) произведены расчеты при различной толщине загрязнений. Результаты этих расчетов приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты расчета коэффициента теплоотдачи, Вт/(м²·°C)

α_2 , Вт/(м ² ·°C)	$\delta = 0$	$\delta = 0,1$ мм	$\delta = 0,3$ мм	$\delta = 0,5$ мм	$\delta = 1,0$ мм	$\delta = 1,5$ мм	λ_z , Вт/(м·°C)
290	276,1	223,9	160,1	120,6	77,5	55,7	0,12
174	170,5	148,5	118,3	94,6	65,8	49,9	
58	56,8	54,5	49,9	45,2	37,1	31,3	
290	276,1	244,6	200,1	167	121,5	92,8	0,23
174	170,5	157,5	136,9	120,6	94	76,1	
58	56,8	56,0	52,2	55,6	45,4	40,5	
290	276,1	256,4	223,9	197,2	149,6	118,3	0,35
174	170,5	162,4	148,5	136,9	112,5	94	
58	56,8	56,8	54,5	52,9	48,7	45,2	
290	276,1	261	303,9	211	168,2	139,2	0,46
174	170,5	164,7	154,3	143,8	121,8	105,6	
58	56,8	55,7	55,3	53,9	50,6	47,6	

Из таблицы видно, что значение коэффициента теплопередачи значительно снижается в зависимости от толщины загрязнений.

Например: для коэффициента теплоотдачи от поверхности трубы $\alpha_2 = 58$ Вт/(м²·°C) и коэффициента теплопроводности загрязнений $\lambda_z = 0,12$ Вт/(м·°C) коэффициент теплопередачи для труб с толщиной загрязнений $\delta = 1,5$ мм в сравнении с чистой поверхностью трубы снижается на 45 %.

Эффективным средством очистки поверхностей теплообмена от загрязнений является применение ультразвуковой аппаратуры. Способ ультразвуковой очистки заключается в применении упругих колебаний ультразвуковой частоты, возбуждаемых импульсным генератором и передаваемых объекту очистки с помощью магнитострикционного преобразователя, который приваривается к крышке теплообменника или к трубной доске.

Ультразвуковой способ очистки был применен на подогревателях мазута. Магнитострикционные преобразователи установлены по продольной оси теплообменника в центре передней крышки, соединены с трубной доской. Нагрев мазута осуществляется паром при давлении 0,6 МПа с температурой 170°C. Подогреватели подвергались очистке отложений 1 раз в 5–6 месяцев. Расход пара на подогрев 1 т мазута до внедрения ультразвуковой очистки составлял 0,122 т или 0,288 ГДж/т. Расход пара на подогрев

мазута после внедрения ультразвуковой очистки составил 0,0676 т/т или 0.159 ГДж/т. Снижение расхода пара составило 45 %.

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что применение ультразвуковой очистки на теплообменном оборудовании позволяет существенно улучшить экономические показатели работы теплообменного оборудования.

Литература

1. Багиров И.Т., Кардаш И.М. Снижение энергозатрат на нефтеперерабатывающих заводах. – М.: Химия, 1972.

УДК 621.31.075.32

ОБ ОБРАТНООСМОТИЧЕСКОМ ОБЕССОЛИВАНИИ ВОДЫ КАК НАИБОЛЕЕ ПЕРСПЕКТИВНОМ МЕТОДЕ ПОДГОТОВКИ ОБЕССОЛЕННОЙ ВОДЫ НА ВПУ

Гончарова А.А.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент ЧИЖ В.А.

Обратноосмотическое обессоливание поверхностных и подземных вод является весьма перспективным процессом для подготовки добавочной воды на ТЭС, использование которого может кардинально улучшить экологические характеристики ВПУ. Суть этой технологии заключается в продавливании содержащей растворённые соли исходной воды через пористые мембраны, размеры пор которых сопоставимы с размерами ионов и молекул. В результате чистая вода проходит через мембраны, а гидратированные ионы и молекулы остаются в концентрате. Фактически обратноосмотическое обессоливание эквивалентно извлечению из водоисточника некоторого количества чистой воды без внесения в этот источник загрязнений.

Исследования показывают, что при использовании любой методики технико-экономических расчётов себестоимость обессоливания воды обратноосмотическим методом незначительно зависит от солесодержания исходной воды, в то время как ионообменная технология при повышении солесодержания исходной воды требует существенно больших расходов на регенерацию ионитов. Весьма существенными преимуществами обратноосмотической технологии по сравнению с ионообменной являются практически полное отсутствие потребности в кислоте и щёлочи для обработки воды и сброс в водоёмы того же количества солей, которое извлечено из природной воды.

Перспективы обратноосмотической технологии в энергетике основываются на очевидной тенденции к повышению селективности мембран и на снижении рабочего давления до 1 МПа и менее, что позволяет широко использовать пластмассы, цены на которые стабильны, в то время как цены на металлоизделия за последние 10 лет увеличились на западном рынке на 50–100 %.

Технология обратноосмотического обессоливания за годы её использования была значительно усовершенствована: удельная проницаемость мембран возросла с 8–10 л/(м²·ч) до 25–40 л/(м²·ч); рабочее давление при обессоливании пресной воды снизилось с 30–50 кгс/см² до 10–16 кгс/см²; солезадержание мембран возросло с 92–95 % до 99,5 % и более и, соответственно, солезадержание обратноосмотических установок возросло с 80–85 % до 96–98 %; расход электроэнергии на прокачку воды через мембраны снизился с 3–4 (кВт·ч)/м³ до 0,75 (кВт·ч)/м³ при солесодержании воды до 2 г/л.

Всё это сделало использование установок обратного осмоса (УОО) конкурентно способными с установками обессоливания методами ионного обмена (УИО) при одновременном обеспечении высоких экологических характеристик.

В настоящей работе произведен сравнительный расчёт 2-х вариантов ВПУ:

– обессоливание воды по традиционной трёхступенчатой схеме на ионообменных фильтрах;

– обессоливание воды в УОО с дообессоливанием на ФСД.

Предварительная очистка в обоих вариантах выполняется по единой технологии – известкование с коагуляцией.

Результаты расчёта количественно-качественных показателей состава сточных вод обеих схем приведены в таблице 1, а расход реагентов в таблице 2.

Таблица 1. Количественно-качественный состав сточных вод

Ионы	УИО, кг/сут	УОО, кг/сут
Ca ²⁺	955.1	178.32
Mg ²⁺	257.55	33.93
Na ⁺	76.93	29.79
(HCO ₃) ⁻	—	931.8
(SO ₄) ²⁻	608.46	383.1
Cl ⁻	100.19	84.02
(NO ₃) ⁻	—	—
(NO ₂) ⁻	—	—
(SiO ₃) ²⁻	—	40.92
Σ	1998.23	1681.88 709.16

Таблица 2. Расход реагентов на регенерацию

Реагенты	УИО, кг/сут	УОО, кг/сут
H ₂ SO ₄	889,77	17,4*
NaOH	814,37	43,73*

* – на регенерацию ФСД

Анализ сравнения технологических показателей качества подготовки добавочной воды показывает преимущества схемы с УОО, так как в этой схеме количество сточных вод существенно меньше. Кроме того, в данной работе не приведены такие преимущества схемы с УОО как значительно меньшая металлоёмкость, простота автоматизации, компактность, меньшие затраты воды на собственные нужды.

Литература

1. Юрчевский Е.Б., Первов А.Г. Экономические аспекты применения обратноосмотической и ультрафильтрационных технологий в энергетике. // Энергосбережение и водоподготовка.– 2004. – № 3. – С. 17–20.
2. Юрчевский Е.Б. Современное отечественное водоподготовительное оборудование для обессоливания и умягчения воды на ТЭС // Теплоэнергетика. – 2002.– № 3. – С. 63–67.

УДК 621.181.001.24

СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КПД КОТЛА

Гончарова А.А.

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор **КАРНИЦКИЙ Н.Б.**

Изменение структуры топливного баланса повысило актуальность сжигания жидкого и твёрдого топлив, а также совместного сжигания природного газа и мазута. В качестве одного из способов снижения выбросов NO_x при сжигании мазута применяют

впрыск влаги в факел и сжигание водомазутных эмульсий. При этом суммарное содержание влаги по отношению к топливу может достигать 15 %.

Для определения КПД котла применяется расчёт объёмов и энтальпии продуктов горения в балансовой точке по элементарному составу топлива с отнесением к располагаемой теплоте. В существующей практике эксплуатации для наладочных работ и при нормировании расхода топлива на энергетических, промышленных и отопительных котлах КПД брутто определяется, как правило, из уравнения обратного баланса:

$$\eta = 1 - \frac{Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6}{Q_p^p}.$$

Этот метод даёт точные значения при расчёте теплового баланса котла, но при этом используются данные по составу топлива, воздуха и дымовых газов, что требует значительного объёма измерений и расчётов. Как правило, этот метод применяется при гарантийных приёмо-сдаточных испытаниях мощных энергетических и промышленных котлов, когда невозможно определение КПД по прямому балансу с требуемой погрешностью 1–2 %.

Широкое распространение получили методики, разработанные М.Б. Равичем и Я.Л. Пеккером, в которых потери теплоты Q_2 определяются по упрощённым зависимостям. Они требуют меньшего объёма измерений и расчётов, удобны для регулярного использования.

Обе эти методики основываются на преобразованной форме записи выше приведенного уравнения теплового баланса, которая получается из исходной путём деления обеих частей уравнения на Q_p^p , после чего уравнение теплового баланса для случая сжигания мазута приобретает вид:

$$\eta = 1 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6).$$

В обеих методиках значение q_2 рассчитывается на основании измеренных температуры и коэффициента избытка воздуха в уходящих дымовых газах. Фактически же значение q_2 рассчитывается по уравнению

$$q_2 = 100 \frac{I_{yx} - \alpha I_{xв}}{Q_p^p},$$

но при этом для расчёта потерь теплоты с уходящими газами всего по двум измеряемым параметрам пришлось ввести ряд упрощений и допусков, которые, в свою очередь, и понизили точность определения.

Кроме того, в последние годы получили распространение газоанализаторы серии TESTO производства германской фирмы Testoterm. Потери теплоты с уходящими газами (QA) прибор определяет в момент измерений по заложенной формуле. Так для прибора TESTO-33 формула для определения потерь с уходящими газами (%) имеет вид:

$$QA = \frac{0,68(T_{yx} - T_{xв})}{21 - Q_2} + 0,07.$$

При нормальных режимах работы котла Q_2 значительно превосходит $(Q_3 + Q_4)$ и $Q_5 = \text{const}$, поэтому точность расчёта КПД котла брутто по обратному балансу зависит от точности определения потерь теплоты с уходящими газами.

По всем перечисленным методикам для случая сжигания мазута были проведены расчёты потерь теплоты с уходящими газами и определена сходимость полученных значений. За фактическое значение q_2 принято значение, рассчитанное по тепловому балансу котлоагрегата, т. е. эталонное значение потерь теплоты с уходящими газами, оно определялось по элементарному составу топлива и материальному балансу горения.

Итоги статистического анализа сходимости значений q_2 показывают, что лучшую сходимость с нормативным методом в диапазоне влагосодержания мазута 2–14 % даёт методика Я.Л. Пеккера. Погрешность определения значения q_2 – от 0,074 до 1,414 %, причём она возрастает с увеличением влагосодержания мазута и температуры уходящих газов. Среднее значение погрешности – минус 0,475 %; средняя квадратическая погрешность составляет 0,453. На основании проведенного анализа можно сделать следующие выводы:

– наиболее часто применяемые методики определения потерь теплоты с уходящими газами М.Б. Равича и Я.Л. Пеккера дают завышенное значение КПД котла брутто (более 1,0 %) при влагосодержании мазута 12–15 %. Погрешность возрастает с увеличением избытка воздуха, температуры уходящих газов и влагосодержания топлива;

– при использовании высокообводнённых топлив или применении впрыска влаги непосредственно в факел технико-экономические параметры котлов следует определять по нормативному методу расчёта котлоагрегатов. При использовании упрощённых методик необходима дополнительная корректировка на фактическое влагосодержание топлива;

– выполненные сравнительные расчёты показывают, что погрешность определения q_2 по упрощённым методикам можно понизить до 0,25–0,35 % (абс.) путём введения поправочных коэффициентов, учитывающих фактическое влагосодержание жидкого топлива.

Литература

1. Кучер С.В. Сравнительная оценка погрешности расчётного определения КПД котла при сжигании мазута по различным методикам // Энергетик. – 2004. – № 4. – С. 11–14.
2. Тепловой расчёт котельных агрегатов. (Нормативный метод). – М.: Энергия, 1973. – 296 с.
3. Резников М.И., Самойлов Ю.Ф. Балансовые испытания парогенератора. – М.: МЭИ, 1970. – 224 с.

УДК 621.184

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗДУШНОГО ОТОПЛЕНИЯ В ЖИЛЫХ ЗДАНИЯХ

Добровольский Ю.В.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент ТАРАСЕВИЧ Л.А.

Резервы энергосбережения в системах отопления жилых зданий следует искать в управлении процессами вентиляции зданий. Полностью контролируемая приточно-вытяжная вентиляционная система делает экономически целесообразным переход к воздушному отоплению в зданиях. В этом случае пропадает необходимость в монтаже дополнительной инженерной системы водяного отопления для обогрева жилых помещений.

Для жилых зданий предыдущего поколения использование системы воздушного отопления было нецелесообразно по нескольким причинам. Объясняется это тем, что температура теплоносителя в системах воздушного отопления ограничена 45°C, для решения задачи достаточного обеспечения теплом уровень воздухообмена повышался до 3–5 кратного значения по сравнению с необходимым для целей проветривания помещений. Это приводило к существенному увеличению уровня теплопотерь зданий, а также к уносу влаги из помещений и снижению относительной влажности до 20–30 %. Такой уровень влажности приводил к повышенной электризации и запыленности воздуха в помещениях, что стимулировало увеличение количества заболеваний дыхательной системы, а также увеличивало количества аллергенов в атмосфере помещений.

При современных требованиях к теплозащите ограждающих конструкций после реконструкции уровень теплопотерь здания существенно уменьшится, соответственно снизится и необходимый объем воздуха в системе воздушного отопления.

Для зданий существующего жилого фонда легко рассчитать теплопотери через ограждающие конструкции в пересчете на 1 м^2 жилой площади. Для 9-этажного здания с высотой этажа $2,5 \text{ м}$ и площадью горизонтального сечения 825 м^2 при $R_{\text{одр}} = 1 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ и $R_{\text{ок}} = 0,4 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ и при 20-и процентном остеклении теплопотери с воздухообменом для расчетной наружной температуры $T_{\text{нр}} = -25 \text{ °C}$ и для средней за отопительный период температуры наружного воздуха $T_{\text{нсп}} = -1,2 \text{ °C}$ в расчете на 1 м^2 жилой площади (50 % от общей) при номинальном воздухообмене ($V_0 = 3 \text{ м}^3/\text{ч}$) в схеме воздушного отопления без рекуперации воздуха в % от полных теплопотерь составляют

$$37 \% \text{ при } T_{\text{н}} = -25 \text{ °C},$$

$$37 \% \text{ при } T_{\text{н}} = -1,2 \text{ °C}.$$

Рассмотрим ситуацию, когда 60 % тепла, уносимого воздухообменом из помещения, возвращается обратно.

С рекуперацией тепла уходящего воздуха система отопления имеет вид (рис. 1).

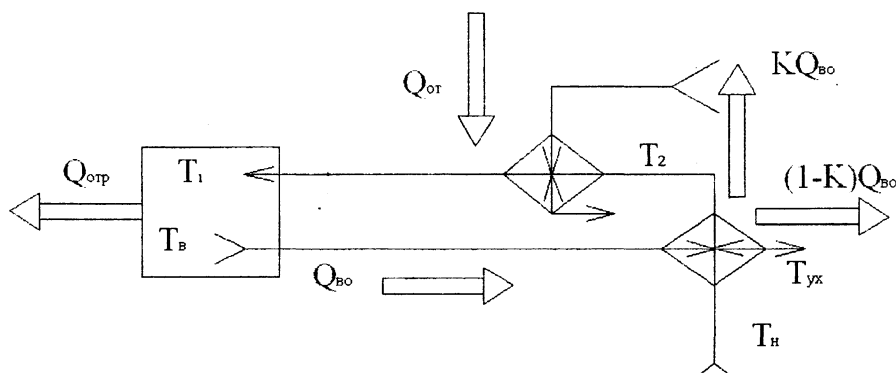


Рис. 1. Схема воздушного отопления с рекуперацией уходящего воздуха

На вход системы отопления поступает воздух, подогретый до температуры T_2 .

При этом, потребление тепла из теплосети уменьшится на величину возвращаемого тепла.

Таким образом, чтобы при номинальном воздухообмене ($V_0 = 3 \text{ м}^3/\text{ч}$ на 1 м^2 жилой площади) обеспечить температуру воздуха в помещении $T_0 = 20 \text{ °C}$ при $T_1 = 45 \text{ °C}$ необходимо увеличивать термосопротивление ограждающих конструкций и окон.

В таблице 1 приведены рассчитанные значения термосопротивления ограждающих конструкций для обеспечения температуры воздуха в помещении $T_0 = 20 \text{ °C}$ при номинальном ($3 \text{ м}^3/\text{ч}$ на м^2) воздухообмене.

Таблица 1. Результаты расчета термосопротивления
ограждающих конструкций ($\text{м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$

$T_{\text{н}}, \text{ °C}$	-25	-20	-15	-10	-5	0	+5	+10
$R_{\text{ок}} = 0,4 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$	18,82	9,07	5,44	3,55	2,39	1,6	1,03	0,6
$R_{\text{ок}} = 0,5 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$	7,47	5,23	3,78	2,76	2	1,42	0,95	0,58
$R_{\text{ок}} = 0,6 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$	5,3	4,08	3,14	2,4	1,8	1,3	0,9	0,56
$R_{\text{ок}} = 0,7 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$	4,42	3,53	2,8	2,2	1,69	1,25	0,88	0,55

Полученные результаты показывают, что воздушное отопление помещений для зданий с низким потреблением энергии для отопления вполне можно совместить с системой воздухообмена.

Требуемое термосопротивление ограждающих конструкций вполне согласуется с цифрами, рассчитанными для зданий, не требующих отопления часть существующего в настоящее время отопительного сезона.

Литература

1. Данилевский Л.Н. Необходимые условия реализации проекта "Пассивный дом" в Республике Беларусь // Белорусский строительный рынок. – 2002. – № 8.

2. Апарцев М.М. Наладка водяных систем централизованного теплоснабжения. – М.: Энергоавтомиздат, 1983.

УДК 681:51 (075.8)

СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ ДИНАМИКИ ОБЪЕКТА

Андреев М.М.

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор КУЛАКОВ Г.Т.

В настоящее время одним из основных факторов, определяющих энергетическую безопасность Республики Беларусь, является износ основного оборудования ТЭК тепловых электрических станций, электрических и тепловых сетей. Износ основного оборудования приводит к снижению экономичности, надёжности и долговечности работы. В связи с этим актуальным становится вопрос построения таких систем регулирования, которые бы изменяли свои свойства в процессе работы независимо от основных возмущающих воздействий, изменения параметров объекта и работали бы при этом в оптимальном режиме во всём диапазоне изменения нагрузок.

Структурные схемы одноконтурных систем автоматического регулирования (САР) не находят широкого применения по ряду причин. Наибольшее распространение в области автоматизации технологических процессов получили двухконтурные САР: каскадные и САР с дифференциатором.

Для улучшения качества регулирования каскадной САР можно заменить корректирующий ПИ-регулятор (пропорционально-интегральный) на ПИД-регулятор (пропорционально-интегральный дифференциальный), преимущество которого состоит в том, что из всех линейных типовых регуляторов он обеспечивает за счёт введения дифференциальной составляющей наилучшее качество регулирования. Для улучшения качества регулирования САР с дифференциатором можно последовательно с дифференциатором включить фильтр с передаточной функцией в виде инерционного звена первого порядка. В этом случае внутренний контур при отработке наиболее опасного крайнего внешнего возмущения будет вести себя в динамике как виртуальный ПИД-регулятор, а структурная схема типовой САР превратится в структурную схему усовершенствованной САР со стабилизирующим устройством. Кроме того, включив в цепь задания типовых двухконтурных САР одно из интегро-дифференцирующих звеньев, можно качественно улучшить процесс регулирования при отработке задающего воздействия.

В связи с тем, что применение двухконтурных САР широко распространено, наиболее развиты и широко используются методы расчёта параметров оптимальных динамических настроек именно двухконтурных САР.

Методы Белорусского национального технического университета (БНТУ) представляют собой совокупность методик расчёта параметров оптимальной динамической настройки как ПИ-, так и ПИД-регуляторов в случае отработки ими как внутреннего, так и наиболее опасного крайнего внешнего возмущения.

Так, в случае каскадной САР корректирующий ПИ-регулятор настраиваем по передаточной функции инерционного участка объекта регулирования, не учитывая настройку стабилизирующего регулятора внутреннего контура, так как в этой схеме высокие частоты внутреннего контура не воспринимаются инерционным участком объекта регулирования. То есть расчёт настройки корректирующего регулятора проводим по структурной схеме одноконтурной САР: корректирующий регулятор – инерционный участок объекта регулирования – главная обратная связь. При этом корректирующий ПИ-регулятор настраивается по методу полной компенсации в частном виде, а корректирующий ПИД-регулятор – по методу полной компенсации в общем виде на оптимальную отработку крайнего внешнего возмущения. Стабилизирующий регулятор внутреннего контура настраивается на оптимальную отработку внутреннего возмущения по методу частичной компенсации либо методу частичной компенсации с ограничением.

В случае САР с дифференциатором последний настраиваем по передаточной функции инерционного участка объекта регулирования на оптимальную отработку крайнего внешнего возмущения по методу полной компенсации в частном виде, а стабилизирующее устройство в усовершенствованной САР со стабилизирующим устройством – по методу полной компенсации в общем виде. Основным регулятором в САР с дифференциатором или стабилизирующим устройством рассчитываем с учётом коэффициента усиления дифференциатора или стабилизирующего устройства на оптимальную отработку внутреннего возмущения по методу частичной компенсации или методу частичной компенсации с ограничением, если частоты в обоих контурах соизмеримы.

Для повышения быстродействия САР при отработке основных возмущений необходимо перейти к комбинированной САР с моделями на основе упределителей Смита, разработать алгоритмы самонастраивающихся систем регулирования, которые были бы принципиально ориентированы на переменные условия работы объекта, внедрить системы самонастройки на основе новых программно-аппаратных средств автоматизации.

В результате проведения численного эксперимента доказано, что качество регулирования при отработке наиболее опасного крайнего внешнего возмущения комбинированной САР с моделями существенно лучше по сравнению с двухконтурной САР: полное время регулирования в два раза меньше, степень затухания переходного процесса равна единице.

Комбинированная САР с моделями позволяет устранить все недостатки одноконтурной САР, а также каскадной САР и САР с дифференциатором, получить высококачественные в динамическом и статическом смысле системы и может быть положена в основу построения оптимальных адаптивных систем регулирования. Для обеспечения качественного регулирования в широком диапазоне изменения нагрузок комбинированную САР следует дополнить устройством коррекции параметров динамической настройки в функции от нагрузки котла. Кроме того, микропроцессорная техника позволяет перейти от типовых двухконтурных САР к комбинированным САР с моделями с использованием контура самонастройки. Это существенно увеличивает экономичность, надёжность и долговечность работы оборудования ТЭС в переменных режимах.

Литература

1. Кулаков Г.Т. Инженерные экспресс-методы расчёта промышленных систем регулирования. Спр. пособие. – Мн.: Выш. школа, 1984. – 192 с.

2. Кулаков Г.Т. Методика выбора структуры и параметров динамической настройки двухконтурных АСР с исчезающим промежуточным сигналом // Научные и прикладные проблемы энергетики. – 1988. – Вып. 15. – С. 23–26.

3. Кулаков Г.Т. Теоретические основы экспресс-методов структурно-параметрической оптимизации систем автоматического управления для повышения эффективности использования теплоэлектростанций в переменных режимах. Автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора технических наук: 05.13.07. и 05.14.14. – Киев: КПИ, 1992. – 36 с.

4. Исследование различных методов настройки систем регулирования с опережающим скоростным сигналом. (Статья первая) / Кулаков Г.Т., Москаленко А.А., Кулаков А.Т. и др. // Изв. вузов. Энергетика. – 1986. – № 8. – С. 73–76.

5. Кулаков Г.Т. Анализ и синтез систем автоматического регулирования: Учеб. пособие. / Г.Т. Кулаков. – Мн.: УП “Технопринт”, 2003. – 135 с.

СЕКЦИЯ 5. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника

УДК 620.9

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДРЕВЕСНЫХ ПЕЛЛЕТ В СИСТЕМЕ ОТОПЛЕНИЯ

Карнова Ю.И.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент ЛОСЮК Ю.А.

XXI век станет веком биоэнергетики. Для европейца в этом утверждении нет ничего нового и парадоксального. Решать социально-экономические и экологические задачи за счет увеличения использования «чистых» источников энергии стало в странах ЕС если не нормой, то вполне осознанной целью.

Опыт зарубежных стран показывает, что сокращение потребления энергии и использование биотоплива не только способствует защите окружающей среды, но и дает импульс развитию экономики, науки и новых технологий. Что касается РБ, то два последних десятилетия мы упорно губим свои зеленые гущи, а заодно и отходы лесопиления и деревообработки, которые у рачительных европейцев превращаются в уникальное биотопливо. Таким биотопливом являются пеллеты – изделия цилиндрической формы, спрессованные методом экструзии из высушенного, предварительно измельченного, растительного сырья, предназначенные для получения тепла методом сжигания.

Пеллеты – это глубоко переработанный и экологически чистый вид топлива, преимуществами использования которого является, во-первых, большая теплотворная способность по сравнению со щепой и с кусковыми отходами древесины, а во-вторых, меньшая стоимость оборудования для котельных установок мощностью до 2 МВт, по сравнению с установками по сжиганию древесных отходов. Гранулы могут храниться в непосредственной близости от жилых помещений (подвальные или подсобные помещения), так как этот материал биологически неактивный, поскольку прошел термическую обработку. Он менее подвержен самовоспламенению, так как не содержит пыли и спор, которые также могут вызывать аллергическую реакцию у людей. По своим характеристикам топливные пеллеты конкурируют с природным газом, являются реальной альтернативой каменному углю и нефти, но по экологическим показателям они опережают все остальные виды топлив в той же степени, что и в ценовом отношении.

Если рассмотреть современные тенденции, то только в Европе на начало 2004 года насчитывалось около 200 производителей гранулированного и брикетированного топлива. Наиболее серьезными производителями пеллет можно считать такие страны как США (2000 тыс. тонн в год), Швеция (700 тыс. тонн), Дания (600 тыс. тонн), Австрия (120 тыс. тонн), Германия (около 100 тыс. тонн), Канада (свыше 100 тыс. тонн), Финляндия (96 тыс. тонн), Великобритания (6 тыс. тонн), Япония (2.3 тыс. тонн). Естественно, научно-технический прогресс не мог обойти нашу республику, где вполне достаточно древесины и ее отходов. Сейчас, по нашим сведениям, в разных городах республики в стадии строительства или отладки находится, как минимум пять участков, где собираются гранулировать опилки.

Процесс производства пеллет происходит в несколько этапов:

- измельчение (первичное, грубого помола в рубительных машинах);
- сушка;
- измельчение (окончательное измельчение – рафинация);
- прессование (грануляция – пеллетизация);

- охлаждение (кондиционирование);
- сепарация (отделение некондиционной фракции от полноразмерных пеллет).

Для производства пеллет служат все хвойные породы и мягкие сорта древесины, но сырье не должно быть старым, так как оно теряет эластичность и, главное, внутреннюю энергию, которую отдает во время сгорания; влажность перед прессованием должна быть не более 10–12 %, а оборудование должно отвечать самым жестким нормам. Перед упаковкой пеллеты надо очистить от пыли, а хранить в сухом месте и перевозить защищенными от влаги.

Внешние признаки хорошего качества древесных гранул: поверхность должна быть гладкой, блестящей, не иметь трещин и вздутий – это свидетельствует об их прочности и малом истирании; выполняться диаметром 6 и 8 мм, намного реже 4 или 10 мм, а длиной более 50 мм; иметь легкий сладковатый запах клея – признак хорошего качества, достигаемого текучестью и высокими температурами при гранулировании; не обладать серым цветом – это указывает на долгое лежание сырья, появление грибка, плохое хранение, что для древесины является потерей энергии.

Когда в западных изданиях говорят о преимуществах древесных гранул, в первую очередь речь идет об экологии. На сегодняшний день из всех энергоемких видов топлива самым экологически чистым является пеллеты. Их использование уменьшает парниковый эффект, выпадение кислотных дождей, а опасность взрывов, аварий, пролива горючего, вредных выбросов просто мизерная по сравнению с ископаемыми видами топлива.

В завершении вышесказанного отметим положительные стороны использования древесных пеллет.

Возобновляемость	Древесные гранулы как производные от древесины являются возобновляемым сырьем. А такое топливо, как нефть или газ, будет с каждым годом расти в цене и вскоре закончится.
Концентрация	Пеллеты обладают высокой энергоконцентрацией при незначительном занимаемом объеме. Гранулы могут перемещаться в автоматических печах и котлах, легко транспортируются и могут вдуваться на склад и транспорт.
Пепел	Пепел может использоваться как удобрение или незначительный мусор. Зола составляет только 1,5 % от массы топлива. Пепел убирается в современных печах и котлах раз в два года.
Масса	Так как гранулы обладают высокой насыпной массой, места для складирования требуется немного. Для отопления дома площадью 150 м ² требуется только 7,5 м ³ для запаса на один год.
Энергозатраты	Для производства древесных гранул требуется 3 % затрат энергии. При этом у нефти эти энергозатраты составляют 10 %, а у электроэнергии – 60 %.
Конкурентоспособность	Благодаря вышеперечисленным качествам древесные гранулы обладают высокой конкурентоспособностью по сравнению с другими видами топлива. Цены на пеллетты не зависят от скачков цен на ископаемые виды топлива и на увеличивающиеся экологические налоги. А если учитывать цену, то можно с надеждой смотреть в будущее.

УДК 620.9

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ РАБОТЫ ВЕТРОАГРЕГАТА

Ковалев С.С., Махаринец А.А.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент ЛОСЮК Ю.А.

В основе работы большинства ветроагрегатов лежит принцип возникновения подъемной силы у лопасти ветроколеса с аэродинамическим профилем при обтекании ее потоком воздуха. Эта подъемная сила заставляет вращаться ветроколесо и связанный с ним электрический генератор, который вырабатывает электроэнергию.

Число лопастей у ветроколес с горизонтальной осью вращения может изменяться от одной до тридцати – сорока. Чем меньше лопастей у ветроколеса, тем с большей скоростью оно может вращаться. При этом возрастает эффективность ветроустановки. Ветроэнергетические установки имеют широкий диапазон мощностей: от нескольких сот ватт до 4000–5000 кВт.

Мощность ветроэлектрической установки определяется выражением:

$$P = \frac{\pi \rho V^3 R^3}{2}, \text{ Вт}, \quad (1)$$

где R – радиус ветроколеса, м;

V – скорость потока воздуха перед ветроколесом, м/с;

ρ – плотность воздуха, кг/м³.

Кинетическая энергия потока не может быть полностью превращена в электроэнергию или в другой вид энергии, так как поток не останавливается в плоскости ветроколеса, а продолжает двигаться, хотя и с меньшей скоростью. Поэтому в формулу (1) вводится коэффициент мощности C_p . Окончательно получаем мощность ветроэлектрической установки:

$$P = C_p \frac{\pi R^3}{2} \rho V^3, \text{ Вт},$$

где C_p – коэффициент мощности.

Коэффициент мощности C_p можно выразить через параметры потока:

$$C_p = 4a(1-a)^2,$$

где $a = \frac{V-V'}{V} = \frac{V-V''}{2V}$ – коэффициент торможения потока;

V , V' , V'' – скорости потока перед, в сечении, где установлено ветроколесо ветроколесом и за ветроколесом, соответственно, м/с.

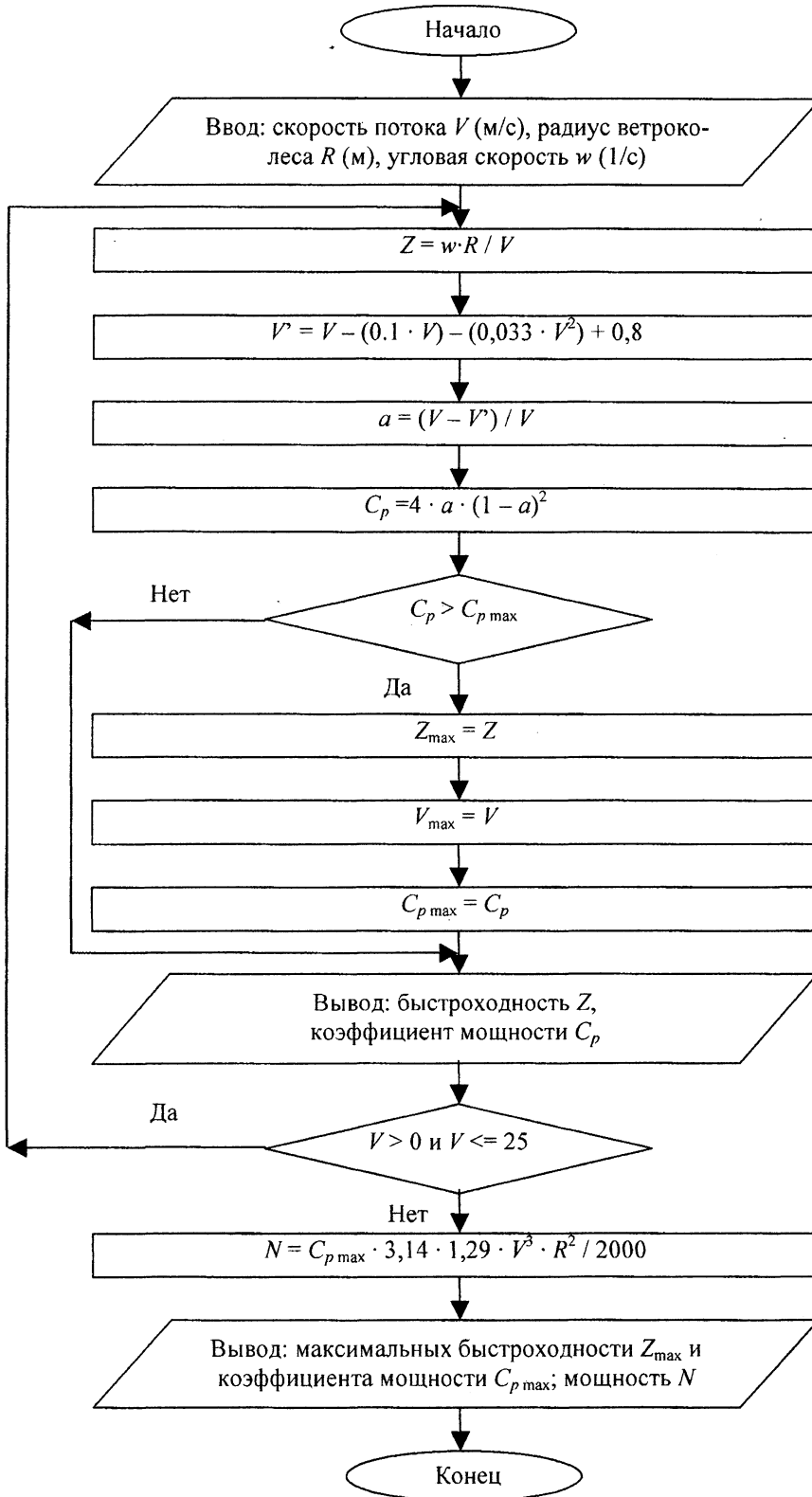
При $a = 1/3$ коэффициент мощности C_p принимает максимальное значение $C_{p \max} = 0,59$. Это означает, что в лучшем случае только 59 % энергии набегающего ветрового потока можно использовать в ветродвигателе.

Быстроходность (Z) различных ветроколес неодинакова. Она изменяется в значительных пределах 1–16. Общая тенденция состоит в том, что скорость вращения ветроколеса и число его лопастей для установок с горизонтальной осью вращения находятся в обратной зависимости. Чем меньше лопастей в ветроколесе, тем с большей скоростью оно может вращаться.

Для любого ветродвигателя функция $C_p = f(Z)$ имеет максимум, поэтому проектирование ветроколеса необходимо вести так, чтобы C_p находился в области оптимального значения Z .

С целью ускорения проведения эксперимента и более быстрой обработки данных при исследовании множества ветроколес, применяем разработанную программу (модель).

Алгоритм расчета параметров и построения зависимости $C_p = f(Z)$



СЕКЦИЯ 6. Экономика и организация энергетики

УДК 338.51:620.9

ПОЛИТИКА РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИКИ КАК ЕСТЕСТВЕННОЙ МОНОПОЛИИ

Короткевич М.К.

Научный руководитель – канд. экон. наук, доцент **НАГОРНОВ В.Н.**

Энергетика – это стратегическая отрасль, состояние которой отражается на уровне развития государства в целом. Уровень тарифов и их динамика прямо и косвенно влияют на состояние двух крупнейших балансов любого государства – энергетического и государственного. При определении стоимости тепловой и электроэнергии используется единый подход. Он основывается фактически не на затратном механизме, а на принципах выравнивания и унификации цен.

До 1990 года население в бывшем СССР платило в 2–3 раза больше чем промышленность, так как оно потребляло электроэнергию в пиковом режиме. Однако в 90-е годы тарифообразование было резко изменено, и поскольку у нас строится в первую очередь социально ориентированная и только потом – рыночная экономика промышленности за электроэнергию стала платить гораздо дороже, чем население.

В настоящее время система тарифообразования в энергетике требует значительных преобразований. Необходимо отметить, что высокие тарифы в энергосистеме приводят к снижению спроса на электроэнергию, опосредованно уменьшая и прибыльность энергосистемы, однако и низкие тарифы приводят к росту энергоемкости ВВП, не способствуя механизмам энергосбережения, энергоресурсы начинают рассматриваться как неэкономический товар, предложение которого бесконечно эластично. Основной задачей для энергосистемы в настоящее время является определение наиболее эффективного уровня тарифов.

Электроэнергетика считается естественной монополией. **Естественная монополия** – отрасль, в которой долгосрочные средние издержки достигают минимума только тогда, когда одна фирма обслуживает весь рынок целиком.

Естественные монополии имеют и достоинства и недостатки. В случае рынка электрической и тепловой энергии достоинством является то, что энергоснабжение потребителей обеспечивается с достаточной степенью надежности. Основным же «минусом» можно назвать создание искушения переложить издержки в значительной мере на конечного потребителя, который не в состоянии оказывать обратного влияния на производителя, а, следовательно, завышение цен. В связи с этим возникает необходимость общественного регулирования цен и тарифов монополизированных рынков.

Основной задачей регулирования естественных монополий является создание барьеров на пути повышения цен и ограничения выпуска продукции со стороны фирмы, вознамерившейся использовать преимуществ естественной монополии во вред потребителям.

Работникам органов регулирования следует симитировать работу конкурентных рынков в тех секторах, где существует естественная монополия. Как и в случае конкурентных рынков, издержки должны минимизироваться, цены должны определяться на основе предельных издержек. Кроме того, органы регулирования должны соблюдать баланс между интересами потребителей, которые желают низких цен, и экономической жизнеспособностью производителя. Программа, благоприятствующая потребителям посредством установления цен гораздо ниже себестоимости, приведет к скорому банкротству регулируемых фирм или потребует значительного увеличения налогов для

возмещения убытков производств. С учетом этих замечаний необходимо выполнение следующих основных правил регулирования деятельности естественных монополий:

- Цены должны быть максимально приближены к предельным издержкам.
- Производитель должен обеспечивать только нормальную норму прибыли.
- Производство должно быть эффективным.

Установление эффективного уровня тарифов на энергию значительно улучшит положение энергосистемы, а значит и государственную экономику.

УДК 666.94.041

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МИНИ-ТЭЦ НА МЕСТНЫХ ВИДАХ ТОПЛИВА

Яскевич А.А.

Научный руководитель – д-р. техн. наук, профессор БОКУН И.А.

В сложившихся условиях вследствие подорожания энергоносителей рентабельность энергетического производства снижается, а доля цены топлива в общих расходах на производство энергии увеличивается. К тому же основная часть действующего парка энергетического оборудования электростанций Беларуси выработало расчетный ресурс и подлежит замене или коренной модернизации. Поэтому обновление основных фондов энергетического производства может быть осуществлено, как один из вариантов за счет использования эффективного недорогого энергетического оборудования способного работать на дешевых низкосортных местных топливах (торф, биомасса, уголь) или их смесях.

При использовании для производства энергии местных видов топлива (древесины, торфа, угля) мощность генерирующего оборудования должна соответствовать производственной мощности предприятий, с которых должна быть организована поставка топлива. Поэтому с целью снижения затрат на производство энергии с использованием местных видов топлива целесообразным является строительство относительно небольших тепловых электрических станций (мини-ТЭЦ) с различными технологиями сжигания топлива, учитывая его качества и другие условия. Основным требованием к энергетическим установкам, используемым на мини-ТЭЦ должна быть максимальная эффективность их работы при использовании низкосортных видов топлива. В связи с этим при сооружении мини-ТЭЦ могут потребоваться сравнительно небольшие первоначальные инвестиции. Технологическое оборудование на мини-ТЭЦ должно быть максимально дешевым в изготовлении, простым в эксплуатации и высокоэффективным при работе на топливах низкого качества. Таким требованиям могут соответствовать паровые котлы с псевдоожиженным слоем.

Существующее до настоящего времени традиционное топочное оборудование малой и средней мощности для сжигания твердого топлива и древесных отходов в неподвижном слое с колосниковыми неподвижными и двигающимися решетками характеризуются низкой эксплуатационной эффективностью. Поэтому в настоящее время возникла необходимость разрабатывать топочные устройства и котлы, которые могли бы сжигать все виды низкосортных твердых топлив, сводя при этом к минимуму негативное воздействие на окружающую среду. Таким требованиям, как показывает опыт, соответствуют топки и котлы с кипящим слоем.

В связи с ростом цен на энергоносители и необходимостью диверсификации поставок топливно-энергетических ресурсов из-за рубежа, в республике сложилась обстановка, требующая освоения производства тепловой и электрической энергии на основе собственных энергоэффективных технологий, оборудования и местных видов топлива.

Для широкого внедрения отечественного энергетического оборудования, работающего на местных видах топлива (древесина, торф, уголь) следует провести оценку эффективности его работы. Основными показателями при оценке эффективности являются срок окупаемости $T_{ок}$ и NPV (чистый дисконтированный доход):

$$T_{ок} = \frac{K}{\Pi} \leq T_H,$$

где K – капитальные затраты в мини-ТЭЦ;

Π – общая годовая выручка;

T_H – нормативный срок окупаемости.

$$NPV = \sum_{i=1}^n \frac{\Pi}{(1+r)^i} - K,$$

где r – ставка дисконта.

Положительное значение критерия NPV говорит о выгодности проекта при принятой ставке дисконта.

В таблице 1 представлены основные показатели мини-ТЭЦ на 250 кВт.

Таблица 1. Основные показатели мини-ТЭЦ

Вид топлива	Теплотворная способность, кДж/кг	Цена топлива, \$/т	Удельный расход топлива, кг/кВт·ч	Расход топлива, т/ч	Себестоимость энергии		Срок окупаемости, лет
					\$/кВт·ч	\$/ГДж	
Древесные отходы	8000	7	0,645	2,3	0,008	1,8	2,36
Древесные гранулы	18500	26	0,278	1,0	0,01	2,27	3,34
Фрезерный торф	10000	9	0,572	1845	0,009	1,69	2,24

УДК 657(075)

РЕГУЛИРОВАНИЕ БУХГАЛТЕРСКОГО УЧЕТА: РОЛЬ ГОСУДАРСТВА И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО СООБЩЕСТВА

Коховец Н.К.

Научный руководитель – канд. экон. наук, доцент МАНЦЕРОВА Т.Ф.

Целью развития бухгалтерского отчета и отчетности на среднесрочную перспективу является создание приемлемых условий и предпосылок последовательного и успешного выполнения системой бухгалтерского учета и отчетности присущих ей функций в экономике страны. Суть дальнейшего развития бухгалтерского учета состоит в активизации использования международных стандартов финансовой отчетности (МСФО) для реализации своих функций путем создания необходимой инфраструктуры и построения эффективного учетного процесса.

Для реализации поставленной цели в Концепции развития бухгалтерского учета и отчетности намечены основные направления по дальнейшему развитию бухгалтерского учета и отчетности на среднесрочную перспективу (2004–2010 гг.):

- повышение качества информации, формируемой в бухгалтерском учете и отчетности;

- создание инфраструктуры применения МСФО;

- изменение системы регулирования бухгалтерского учета и отчетности;

- усиление контроля качества бухгалтерской отчетности;

- существенное повышение квалификации специалистов, занятых организацией и ведением бухгалтерского учета и отчетности, аудитом бухгалтерской отчетности, а также пользователей бухгалтерской отчетности.

В Концепции определено, что развитие системы регулирования бухгалтерского учета и отчетности должно быть направлено на построение такой модели, которая учитывала бы интересы всех заинтересованных сторон, обеспечивала снижение издержек и повышение эффективности регулирования. В основе этой модели – разумное сочетание деятельности органов государственной власти и профессионального сообщества (профессиональных общественных объединений и другой заинтересованной общественности). К профессиональному сообществу относятся не только профессиональные объединения бухгалтеров или аудиторов, но и объединения предпринимателей, профессиональных участников рынка ценных бумаг, финансовых аналитиков и иных заинтересованных пользователей бухгалтерской информации.

К ведению органов государственной власти должны быть отнесены выработка государственной политики в области бухгалтерского учета, отчетности и аудиторской деятельности; совершенствование правовых основ бухгалтерского учета, отчетности и аудиторской деятельности; установление процедуры одобрения МСФО и введение их в действие на территории страны; государственный контроль соблюдения законодательства в области бухгалтерского учета, отчетности и аудиторской деятельности; мониторинг факторов, определяющих риски стабильности системы бухгалтерского учета и отчетности.

К ведению профессионального сообщества должны быть отнесены представление и защита интересов профессионального сообщества; подготовка предложений по совершенствованию правовых основ бухгалтерского учета, отчетности и аудиторской деятельности; профессиональная общественная экспертиза МСФО в процессе одобрения их в стране; обобщение и распространение передового опыта ведения бухгалтерского учета и подготовки бухгалтерской отчетности; разработка норм профессиональной этики и контроль соблюдения их членами профессионального сообщества.

УДК 336/338

ЭТАПЫ ДЕНЕЖНО-КРЕДИТНОЙ ПОЛИТИКИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Кублицкая Е.Г.

Научный руководитель – канд. экон. наук, доцент МАНЦЕРОВА Т.Ф.

Республика Беларусь к настоящему времени сохранила большую часть экономики и высокий уровень производства благодаря отказу от жесткой денежно-кредитной политики. Можно выделить следующие этапы денежно-кредитной политики в Беларуси.

Первый этап. В период 1992–1995 гг. проводилась самая мягкая "сверхэкспансионистская" политика. В 1995 году была предпринята попытка финансовой стабилизации в Беларуси. Для этого использовались три приема: фиксированный обменный курс, поддерживаемый с помощью интервенций Национального банка Республики Беларусь, ограниченный доступ на Межбанковскую валютную биржу в конце года, стимулирование рублевых сбережений путем высоких процентных ставок и сжатие тем самым рублевой массы. Комплекс мероприятий, среди которых было введение валютного контроля, остановил падение белорусского рубля и наметил рост реального курса валюты, что привело к падению конкурентоспособности отечественных товаров по сравнению с импортными.

Второй этап. Политику, проводимую в 1996–1999 гг., можно назвать умеренно мягкой денежно-кредитной политикой. Она принесла определенные положительные результаты: темпы денежной эмиссии по сравнению с периодом 1992–1995 гг. снизились более чем в 2,5 раза, темпы инфляции и девальвации – соответственно в 3,8 и

3,5 раза. В 1999 году на общеэкономические и денежные показатели оказали влияние ряд негативных факторов, основными из которых были: влияние российского финансового кризиса 1998 года, неблагоприятные погодные условия, рост цен на нефть. Тем не менее в 1999 году удалось добиться поддержания положительных темпов экономического роста. Определенную роль в этом сыграла работа банковской системы, которая создала благоприятные условия для развития реального сектора экономики. Но в 1999 году. Не удалось решить проблему инфляции, которая в ежемесячном исчислении составила 11 %.

Третий этап. Возникла необходимость трансформации денежно-кредитной политики, что и было осуществлено в 2000 году. Задачи, поставленные перед денежно-кредитной политикой РБ в 2000 году были такими: переход к единому обменному курсу белорусского рубля при сохранении его рыночных котировок, ужесточение денежно-кредитной политики, что предполагает кредитование экономики на безэмиссионной основе, а также обеспечение положительного уровня процентных ставок по рублевым депозитам, повышение надежности банковской системы, совершенствование национальной платежной системы, развитие сотрудничества с ЦБ других государств и международными финансовыми институтами.

Денежно-кредитная политика в 2000 году основывалась на концепции перехода к политике "скользящей фиксации" обменного курса белорусского рубля, которая близка к системе "валютного совета", однако, в отличие от нее, допускается возможность ограниченной кредитной эмиссии. Предполагалось, что последняя будет направляться на финансирование дефицита государственного бюджета.

Ужесточение денежно-кредитной политики явилось важным фактором того, что начиная с апреля 2000 года была достигнута стабилизация рыночных котировок белорусского рубля. Наиболее важным и положительным результатом монетарной политики 2000 года является осуществление перехода к единому валютному курсу.

В качестве приоритетной задачи в 2001 году ставилось обеспечение плавной предсказуемой динамики единого курса белорусского рубля на всех сегментах валютного рынка.

Основными целевыми ориентирами единой государственной денежно-кредитной политики РБ в 2001–2010 гг., как и ранее, будут являться:

- защита и обеспечение устойчивости рубля, в том числе его покупательной способности и курса по отношению к иностранным валютам;
- развитие и укрепление банковской системы;
- обеспечение эффективного, надежного и безопасного функционирования платежной системы.

УДК 621.311:(338.5+338.9)

К ВОПРОСУ ВЫБОРА МОДЕЛИ КОНКУРЕНТНОГО ЭНЕРГОРЫНКА

Заборовский А.М.

Научный руководитель – д-р экон. наук, профессор ПАДАЛКО Л.П.

Как показал опыт рыночных реформ в электроэнергетике в странах Европы и СНГ, теоретические модели не всегда могут адекватно учесть способность энергокомпаний к манипуляциям с целью получения «сверхнормальной» прибыли. При известном графике энергопотребления, полной или частичной информации о мощностях и технико-экономических показателях энергогенерирующих установок конкурентов, известном алгоритме закупок энергии, осуществляемых оператором рынка, энергокомпания сравнительно быстро обучаются и начинают вырабатывать стратегии, приводящие

к способности значительно влиять на цену оптового рынка. Эта способность усиливается в условиях олигополии (дальнейшее разукрупнение генерирующих энергокомпаний технически невозможно) и слабой контрактно-правовой системы, что особенно характерно для стран СНГ. Следовательно, для создания эффективной рыночной системы координации развития дезинтегрированных энергокомпаний необходима тщательная разработка модели энергорынка.

Основные параметры модели организации электроэнергетики, а именно: тип государственной отраслевой политики, форма собственности на энергоактивы, тип энергорынка и организационной структуры энергопредприятий тесно взаимосвязаны. Более того, существуют принципиально несовместные их сочетания. Так, жесткая отраслевая политика неприемлема при доминировании частной формы собственности на энергоактивы, а умеренная и мягкая – при доминировании государственной. Мягкая отраслевая политика приводит к возникновению стимулов для завышения цен в вертикально-интегрированных энергосистемах, следовательно, такое сочетание неприемлемо с позиции экономичности энергоснабжения. При ограничении на форму собственности энергокомпаний, число возможных вариантов организации электроэнергетической отрасли резко сокращается и сводится к анализу трех следующих моделей энергорынка:

- 1) закупочное агентство (*single buyer*);
- 2) конкуренция на оптовом рынке (*pool*);
- 3) конкуренция на розничном рынке (*third party access*).

УДК 311.С62

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИНФЛЯЦИИ И МЕТОДЫ ЕЁ ИЗМЕРЕНИЯ

Мороз А.А., Миронова А.С.

Научный руководитель – канд. экон. наук, доцент МАНЦЕРОВА Т.Ф.

Одной из самых важных характеристик состояния экономики любой страны является уровень инфляции, который проявляется в росте общего уровня цен. В мировой статистической практике применяются разные методы и приёмы измерения уровня, динамики и степени влияния инфляционных процессов на различные экономические показатели. Исходя из сущности инфляционных процессов, в западных странах предлагается, как метод изучения инфляции, непосредственно измерять избыточный объём бумажных денег. Однако, как отмечают сами авторы этого метода, вся количественная неопределённость, связанная с категорией "избыточного бумажно-денежного обращения", ведёт к условно-ненадёжным результатам.

В некоторых странах принято измерять обесценение бумажной валюты страны путём сопоставления возросшего уровня цен с более низким их уровнем, выраженным в более прочной валюте другой страны. Хотя в принципе такой подход не вызывает возражений, как показывает практика, он даёт весьма условные и неточные результаты и к тому же труден для расчёта. Предлагается также количественно оценивать обеспечение денег с помощью золота. И такой метод неприемлем в условиях нефинансовых предприятий. Самым надёжным и доступным методом измерения инфляционных процессов считается индексный метод.

Для наиболее общей характеристики уровня инфляции в мировой практике используются два показателя. Индекс потребительских цен (ИПЦ) позволяет оценить уровень инфляции на потребительском рынке. Дефлятор валового национального продукта (ДВНП) оценивает степень инфляции по всей совокупности благ, производимых и потребляемых в государстве, учитывает не только изменение цен товаров народного

потребления, но и цен товаров, используемых в государственных интересах, инвестиционных, экспортируемых и импортируемых товаров и услуг.

ИПЦ рассчитывается по формуле Ласпейреса. В «чистом» виде эта формула применяется в статистике Великобритании для построения индекса розничных цен. В этом случае уровень инфляции определяется по сравнению с любым периодом, принятым за базу. В США используется другая формула расчета, которая позволяет напрямую сравнивать показатели текущего периода с любым другим, а не только с годом обследования потребительских расходов, проводя такие обследования один раз в несколько лет. В масштабах большой страны это немаловажно. В России ИПЦ исчисляется за каждый месяц и нарастающим итогом с начала года по модифицированной формуле Ласпейреса.

ДВНП в большинстве стран определяется по методу Паше. Отечественная практика расчета ДВНП имеет некоторые особенности: сначала с помощью индексов цен или физического объема (в зависимости от имеющейся базы) производится постатейная переоценка ВВП, рассчитанного по методу конечного использования, в ценах предыдущего года. Затем по формуле Пааше рассчитывается цепной ДВНП. Базисный ДВНП определяется путем перемножения всех годовых ДВНП в промежутке от отчетного до базисного года.

Что касается нашей страны: инфляционные процессы в РБ характеризуются глубоким проникновением во все стороны экономической жизни, инфляция обрела реальные формы для каждого гражданина без какого-либо исключения. В результате люди убедились, что цифра, нанесённая на казначейском билете, отнюдь не означает его равную стоимость на все времена. Именно поэтому разработка методологии статистического изучения уровня, динамики и воздействия инфляции и инфляционных процессов на социально-экономическое состояние общества является одной из главных задач статистических служб РБ.

УДК 336.2:338.242

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОПЛАТЫ ТРУДА

Калистратова М.

Научный руководитель – канд. экон. наук, доцент НАГОРНОВ В.Н.

Оплата труда работников – это цена трудовых ресурсов, занятых в производственном процессе, величина которых зависит от количества и качества труда. В рыночных условиях существенное влияние на нее оказывают спрос и предложение, а также сложившаяся конъюнктура рынка труда, являющегося одним из самых несовершенных рынков. Заработная плата является одной из форм осуществления принципа распределения по труду. Заработная плата – это выраженная в денежной форме часть национального дохода, которая поступает в распоряжение работающих и непосредственно связана с количеством и качеством затраченного труда.

В основе организации заработной платы лежат следующие основные принципы:

- самостоятельность предприятий в организации заработной платы, в установлении форм, систем и размеров оплаты труда;
- материальная заинтересованность работников в повышении конечного результата труда и усиление социальной защищенности работников;
- материальная ответственность работников за упущения в работе, брак и безответственное отношение к своим обязанностям;
- государственное регулирование оплаты труда;

– опережение темпов роста производительности труда по сравнению с темпами роста средней заработной платы.

Работа предприятий в условиях рынка выдвигает новые, более жесткие требования к организации заработной платы. Предприятия должны находить возможности для повышения качества продукции и снижения затрат для обеспечения конкурентоспособности продукции. В настоящее время предприятия имеют полную самостоятельность в организации заработной платы, в рациональном расходовании заработанных средств.

Для усиления действенности оплаты труда необходимо установить непосредственную связь заработной платы с конечными результатами производства. При этом заработная плата не должна ограничиваться максимальными пределами для повышения заинтересованности работников в эффективной работе. Усиление социальной защищенности предполагает установление оплаты труда в таком размере, чтобы он обеспечивал нормальное воспроизводство рабочей силы соответствующей квалификации, а рост прибыли осуществлялся за счет рациональной организации производства и повышения его технического уровня.

Для обеспечения расширенного воспроизводства и создания средств для дальнейшего повышения заработной платы важное значение имеет опережающий рост производительности труда по сравнению с увеличением заработной платы. При несоблюдении этого принципа количество товаров народного потребления будет возрастать медленнее, чем денежные доходы населения, тогда часть денежных средств останется невостребованной, что приведет к нарушению правильного соотношения спроса и предложения и, в результате, к обесцениванию денег, т. е. к инфляции.

УДК 311.14

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА И УРОВНЯ ЖИЗНИ

Гречко А.В., Пивненко Н.В.

Научный руководитель – канд. экон. наук, доцент МАНЦЕРОВА Т.Ф.

Уровень жизни представляет собой интегральную характеристику степени удовлетворения материальных и духовных потребностей населения страны, агрегированную из многообразных параметрических индикаторов – показателей: среднедушевой фонд потребления, реальные доходы, объемы натурального потребления важнейших продуктов, обеспеченность жильем, коммунальными и социальными услугами, транспортом и связью, развитие систем здравоохранения, образования, социального обеспечения.

По международным нормам и стандартам уровень жизни должен учитывать: занятость, условия труда, действующие социальные гарантии прав личности, общественные условия ее безопасности, показатели здоровья, демографии, экологии, домашнего имущества, продовольственной обеспеченности и питательной ценности, накоплений, доступности социальных услуг, а также социальной дифференциации, распространенности негативных социально – экономических явлений – инфляции, безработицы, бедности, преступности, дискриминации по любым признакам.

Уровень жизни также можно трактовать более широко – как меру развития условий жизнедеятельности человека, позволяющую реализовать социальный потенциал его личности. С этих позиций все вышеприведенные оценочные измерители его можно сгруппировать в три блока: уровень материального благосостояния, фонд свободного времени и мера совершенства социальной инфраструктуры для духовного возвышения личности человека.

Близким по содержанию к категории “уровень жизни” является понятие “качество жизни”. В докладе о мировом развитии 2000/2001 гг. “наступление на бедность” качество жизни оценивается по совокупности индикаторов: объем среднедушевого фонда потребления, уровень недоедания среди детей, коэффициент детской смертности, ожидаемая продолжительность жизни, уровень неграмотности взрослого населения, коэффициент урбанизации и доступ к коммунальным удобствам городских жителей. Качественный рост благосостояния населения также характеризуется переходом на новые стандарты жизни.

Потребительская корзина включает три компонента: продукты, непродовольственные товары и услуги. Базовым компонентом ее является продуктовая корзина, которая по международным методикам должна составлять 1/3 совокупных расходов потребителей. Граница бедности определяется как утроенная сумма расходов на питание. Потребительская корзина служит основой определения прожиточного минимума, который складывается из величины продовольственной корзины, корзины непродовольственных товаров и услуг, а также включает налоги и обязательные платежи.

По состоянию на январь 2005 года бюджет прожиточного минимума в среднем на душу населения составляет 128 860 бел. руб. (ранее он равнялся 119 260 бел. руб.). Для трудоспособного населения эта величина установлена в размере 137 510 бел. руб., для студентов – 133 650 бел. руб., для пенсионеров – 110 590 бел. руб., для детей в возрасте от 3 до 16 лет – 144 160 бел. руб., для детей в возрасте до 3 лет – 112 300 бел. руб.

Итак, уровень жизни можно оценивать как в целом по стране, так и по отдельным регионам (территориям) с учетом этноисторических особенностей.

УДК 311.14

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНДЕКСА РАЗВИТИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ДЛЯ ОЦЕНКИ СОЦИАЛЬНОЙ СФЕРЫ

Селезнёва А.Н.

Научный руководитель – канд. экон. наук, доцент МАНЦЕРОВА Т.Ф.

Индекс развития человеческого потенциала – это один из важнейших показателей, которым ООН измеряет развитие социальной сферы в различных странах. В настоящее время он общепризнан как универсальный агрегированный показатель. Издаются два типа отчетов о развитии человека – глобальный и национальный, и исходные данные в обоих случаях различаются.

Для глобальных отчетов статистика собирается из трех основных источников – отдела народонаселения ООН, статистического института ЮНЕСКО и Всемирного банка. В национальных отчетах полностью используется национальная статистика, методика составления которой часто не совпадает с параметрами международных структур. Так, если в 2003 году глобальный отчет отнес Беларусь на 53-е место с ИРЧП 0,803, то в национальном отчете ИРЧП = 0,797.

Главными составляющими ИРЧП являются:

– *индекс ожидаемой продолжительности жизни*, который в определенной степени можно считать отражением состояния системы здравоохранения и социального обеспечения страны. В 2003 году для Беларуси он составил 69,6 лет, а по национальным данным – 68,0 лет.

– *индекс уровня образования*, отражающий степень грамотности взрослого населения и охвата населения начальным, средним и высшим образованием и таким образом характеризующего состояние системы образования страны. По данным националь-

ной статистики, уровень грамотности взрослого населения Беларуси составляет 99,7 %, а совокупный валовой показатель числа поступивших в учебные заведения – 79 %.

– *индекс ВВП на душу населения* (в долларах США по паритету покупательной способности), указывающего на уровень доходов граждан страны. Так, по расчетам Всемирного банка, ВВП Беларуси на душу населения в 2001 году составил 1226 \$ США, а в пересчете по паритету покупательной способности – 7620 \$ США.

Максимально возможное значение ИРЧП – 1, минимальное – 0.

Реализация социальных целей, эффективность социальной политики страны во многом зависит от того, насколько развита и совершенна система и каждый из показателей, характеризующих воспроизводство человеческого капитала. Важнейшей предпосылкой его развития является инвестирование в человеческий капитал, что включает расходы на образование (общее и специальное), подготовку по месту работы; расходы на здравоохранение, складывающиеся из расходов на профилактику заболеваний, медицинское обслуживание, улучшение жилищных условий; расходы на мобильность.

Необходимость развития человеческого потенциала как перспективного направления экономического роста отмечена многими учеными. В современных условиях приоритеты развития человека, качественных вложений в человеческий потенциал являются основным фактором общественного прогресса. Главным фактором воспроизводства в XXI веке становится накопление не материальных благ и услуг, а знаний, опыта, здоровья, качества человеческого капитала.

УДК 620.9: 658

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ В ЭНЕРГОКОМПЛЕКСЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Морозов С.Г.

Научный руководитель – д-р экон. наук, профессор ПАДАЛКО Л.П.

Цель нашего исследования состоит в научном обосновании эффективности мероприятий инновационного характера на предприятиях энергетического сектора Беларуси. Данные мероприятия следует разделять на две группы: *инновационного характера* – предполагают разработку и внедрение наукоемких энергоэффективных технологий и *организационно-стимулирующего характера* – направлены на совершенствование сложившейся системы энергопотребления посредством введения экономических стимулов.

Энергетический комплекс Беларуси, формировавшийся при административно-командной координации хозяйственной деятельности, обладает рядом особенностей: концентрация и централизация производства, затратный механизм формирования цены (тарифов), отсутствие стимулов к строгому контролю за потребляемыми ресурсами. Рост цен на импортируемые энергоносители требует кардинально иного подхода к организации производства, распределения и потребления энергопродукции. Первым шагом в данном направлении является обоснование преимуществ децентрализованной системы генерации электроэнергии и тепла как одной из составляющих вектора инновационного развития энергокомплекса. На уровне энергохозяйства предприятия создание таких систем видится в установке электрогенерирующего оборудования в промышленно-отопительных котельных. Номинальное давление пара, на производство которого рассчитаны промышленные котлы, как правило, значительно превышает требуемое давление для производственных и теплофикационных нужд предприятий. Такое несоответствие обусловлено тотальным снижением загрузки производственных мощностей в период экономического кризиса, когда продукция ряда отечественных произ-

водителей не находила сбыта на рынке. Невостребованный потенциал пара котлов может быть реализован путем комбинированного производства не одного, а двух видов энергии – тепловой и электрической на основе применения турбогенератора.

На примере действующей котельной доказана целесообразность данного мероприятия. В качестве основного критерия эффективности мы использовали чистую дисконтированную стоимость (*NPV*) и динамическую модель срока окупаемости.

УДК 620.9

К ВОПРОСУ О СООРУЖЕНИИ ГАЗОВОЙ НАДСТРОЙКИ К ПАРОТУРБИННОМУ ЭНЕРГОБЛОКУ

Морозов С.Г.

Научный руководитель – д-р экон. наук, профессор ПАДАЛКО Л.П.

Одной из основных на сегодняшний день задач белорусской энергетики является модернизация существующих мощностей. Данная проблема обусловлена значительным износом агрегатов на электростанциях при возрастающих объемах энергопотребления. Среди целого комплекса мероприятий, направленных на совершенствование структуры генерирующих источников, наиболее прогрессивным является внедрение парогазовой технологии производства электроэнергии и тепла.

Технический аспект реализации данного мероприятия состоит в следующем. Отработанный газ поступает в паровой котёл-утилизатор, замещая сжигание в нём исходного топлива. На экономические показатели парогазовой установки существенное влияние оказывает структура ее тепловой схемы, которая определяется соотношением между вырабатываемой тепловой и электрической энергией. По конструктивному исполнению и по принципам преобразования тепловой энергии в механическую работу газовые турбины не отличаются от паровых. В газовой турбине рабочим телом является смесь продуктов сгорания с воздухом или нагретый воздух при определенном давлении и, по возможности, с высокой начальной температурой. В проточной части газовой турбины совершается процесс расширения рабочего газа, преобразования тепловой энергии в кинетическую и вслед за этим – процесс преобразования кинетической энергии газа в механическую работу вращения ротора (вала) турбины.

Составляющими экономического эффекта от сооружения газовой надстройки являются снижение удельного расхода топлива и ввод дополнительной мощности. Дополнительный эффект состоит в снижении общего количества вредных выбросов.

Мы определили целесообразность описанного проекта на примере Березовской ГРЭС. На данной электростанции к действующему энергоблоку 150 МВт была установлена газовая турбина мощностью 55 МВт с КПД – 35 %. Для оценки эффективности в динамической постановке нами рассчитано выражение для чистой дисконтированной стоимости, исходя из предположения, что общий годовой эффект неизменен по годам.

УДК 657(075.8)

УЧЕТ ЗАТРАТ ПО НОВОМУ ТИПОВОМУ ПЛАНУ СЧЕТОВ

Шевчик В.С.

Научный руководитель – канд. экон. наук, доцент МАНЦЕРОВА Т.Ф.

В новом Плане счетов сохранены все синтетические счета для отражения затрат: по местам их возникновения и по другим признакам (прямые и косвенные, основные и накладные, производительные и непроизводительные расходы). Но в связи с введением

налогового учета необходимо так организовать учет затрат, чтобы на основании данных бухгалтерского учета было возможно правильно выполнить расчетные корректировки и исчислить налог на прибыль.

По Инструкции по применению Типового плана счетов бухгалтерского учета (постановление Минфина РБ от 30.05.03 № 89) учет общей суммы затрат на производство следует вести по экономическим элементам, а калькулирование себестоимости отдельных видов продукции, работ, услуг по статьям затрат.

Бухгалтерский учет затрат на производство строится по принципу группировки расходов по калькуляционным статьям, местам возникновения расходов, что присуще финансовому учету. Необходимость учета затрат в разрезе экономических элементов служит целям управленческого учета, счета которого предназначены для обобщения информации о процессах формирования издержек производства и обращении, стоимости готовой продукции, а также процессах ее реализации.

Прямыми признаются расходы, которые относятся сразу в дебет счета 20 "Основное производство"; косвенными – расходы, которые сначала относятся на промежуточно-операционные счета, а затем, при распределении, – в дебет счета 20 или счета 90 "Реализация".

На счете 25 учитываются косвенные расходы по обслуживанию основных и вспомогательных производств, когда выпускаются 2 и более наименования изделий.

Расходы общехозяйственного характера аккумулируются по дебету счета 26 "Общехозяйственные расходы" и включают в себя расходы, связанные с управлением предприятием и организацией производства.

Списание затрат со счета 26 может быть произведено в зависимости от выбранной учетной политики одним из 2 способов:

- 1) путем включения общехозяйственных расходов в состав себестоимости готовой продукции;
- 2) путем отнесения этих расходов на текущие расходы отчетного периода.

Тот или иной метод может существенно повлиять на размер налогооблагаемой прибыли, и важно выбрать оптимальный способ распределения косвенных расходов.

УКД 621.314

ПРИМЕНЕНИЕ СБАЛАНСИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В КОМПАНИЯХ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА РЫНКЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Черноусик Н.А.

Научный руководитель – канд. экон. наук, доцент НАГОРНОВ В.Н.

Цель любой оценочной системы, включая ССП, для компании, действующей на рынке нефтепродуктов – направить всех работников на успешную реализацию ее стратегии. Стратегия – это набор некоторых гипотез о причинах и следствиях. Разработаны три основных принципа, на которых строится сбалансированная система показателей (ССП), неразрывно связанных с общей стратегией компании:

- причинно-следственные связи;
- факторы достижения результатов;
- взаимосвязь с финансовыми результатами.

Детально разработанная ССП, представляет собой стратегию компании через последовательность причинно-следственных связей. Система оценок деятельности должна быть построена таким образом, что связи между целями и показателями различных составляющих, а также между показателями и факторами деятельности, направленной

на достижение результатов, становятся четкими и ярко выраженными. Каждый параметр, включенный в ССП, должен быть элементом цепи причинно-следственных связей, посредством которой компания получает информацию о стратегии производственной единицы.

Общие показатели характерны для многих компаний и отраслей. Это базовые параметры такие как, прибыльность, рыночная доля, степень удовлетворенности клиента, сохранение клиентской базы и область компетентности персонала, без которых невозможно существование компании на рынке. Факторы достижения результатов – это уникальные для каждой конкретной структуры компании. Они отражают специфику ее стратегии, например финансовые факторы прибыльности, сегменты рынка, работу с клиентами, а также особые цели составляющих внутренних производственных процессов и обучения и развития.

Детально составленная ССП должна представлять сбалансированный комплекс результатов и факторов достижения результатов, общей стратегии компании. Все показатели ССП через цепь причинно-следственных связей должны быть согласованы с финансовыми целями компании. Гибкость ССП заключается в том, что в течение некоторого времени можно осуществить проверку стратегических целей, используя причинно-следственные связи, разработанные для данной стратегии компании.

УДК 620.9

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УЧЁТА ЭНЕРГОРЕСУРСОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ МЯСОМОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Ефименко А.Г.

Научный руководитель – канд. экон. наук, доцент НАГОРНОВ В.Н.

В настоящее время существует несколько альтернативных подходов к созданию АСКУЭ, которые отличаются не только набором контролируемых энергоресурсов, но и структурой построения системы учёта. Внедрение децентрализованной АСКУЭ предусматривает возможность интеграции с существующими или внедряемыми параллельно автоматизированными системами и обеспечивающей полный, оперативный, долгосрочный, коммерческий и технический учет всех видов энергоресурсов предприятия.

Величина эффекта от внедрения АСКУЭ во многом зависит от полноты и глубины энергоучета, а также быстрого и удобного доступа к информации системы через ПЭВМ. Такая АСКУЭ непосредственно может быть трансформирована в автоматическую систему с обратным контуром управления энергопотреблением через соответствующие устройства управления нагрузками-регуляторами.

На предприятиях, перерабатывающих мясомолочную продукцию основными составляющими эффекта являются: договорная, фиктивная составляющая; тарифная составляющая; режимно-тарифная составляющая; технологическая составляющая; безхозная составляющая. На различных промышленных предприятиях указанные составляющие энергопотерь имеют разный удельный вес в рамках организационно-технической составляющей энергопотребления, но в целом могут достигать 15–30 % от общего энергопотребления предприятия. В большинстве случаев срок окупаемости АСКУЭ на пищевых предприятиях не превысил одного года. Экономический эффект от внедрения АСКУЭ состоит не только в регулировании графика нагрузки, но и в точном и достоверном представлении реального графика и режима энергопотребления по предприятию в целом и по его наиболее энергоёмким потребителям.

Это позволяет правильно заявлять и контролировать фактическую мощность, обеспечивать обоснованный выбор наиболее выгодного многоставочного тарифа и адекватного ему текущего режима энергопотребления в условиях альтернативности тарифов, снижать долю энергозатрат в себестоимости продукции.

УДК 657(075)

УЧЕТ И НАЛОГООБЛОЖЕНИЕ РАСХОДОВ НА ПОДГОТОВКУ КАДРОВ

Костюк Ю.О.

Научный руководитель – канд. экон. наук, доцент МАНЦЕРОВА Т.Ф.

Гарантии работникам, проходящим подготовку, предоставляются на основании Трудового кодекса РБ от 26.07.1999 № 296-3.

Д 20,44 и т. д. – К 70

– начислена средняя заработная плата работникам по основному месту работы во время их обучения с отрывом от производства.

Д 20,44 и т. д. – К 68

– произведены отчисления единым платежом по чрезвычайному налогу и обязательным отчислением в фонд содействия занятости.

Д 20,44 и т. д. – К 70

– на сумму начисленных отпускных на время предоставления социальных отпусков, связанных с обучением, продолжительностью, установленной ст. 216 ТК РБ.

Плата за обучение по договорам с высшими и средними специальными УЗ включается в себестоимость продукции (работ, услуг) в пределах, утвержденных законодательством норм.

Д 97 – К 76 (51)

– начислено (оплачено) за обучение на основе договоров с УЗ по подготовке кадров.

Д 18/1 – К 76 (31)

– “входной” НДС по расходам на обучение.

Законом РБ от 29.02.1996 № 138 – XIII “О размерах обязательных страховых взносов в Фонд социальной защиты населения Министерства социальной защиты Республики Беларусь” предусмотрено, что начисления в указанный Фонд производятся со всех видов выплат в пользу работников, кроме предусмотренных Перечнем видов выплат, на которые не начисляются взносы по государственному социальному страхованию в Фонд социальной защиты населения Министерства труда и социальной защиты. В Перечне, утвержденном постановлением Совета Министров РБ от 25.01.1999 № 115 отсутствуют выплаты, связанные с обучением работников.

УДК 620.90:620.16

МОДЕЛИРОВАНИЕ КРЕДИТНОЙ ПОЛИТИКИ РЕМОНТНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Володкевич В.В.

Одной из причин неэффективного использования оборотных средств являются рост дебиторской задолженности. Финансовый отдел и производственные подразделения жестко контролируют своевременное погашение задолженности и не допускают ее роста, при заключении договоров стремятся максимально использовать предоплату,

аккредитивы, возможно большую долю задолженности оформлять векселями, но в организациях обычно отсутствует комплексная политика управления отдельными видами активов – дебиторской задолженностью, запасами товарно-материальных ценностей, денежными активами. Целью управления дебиторской задолженностью является в первую очередь оптимизация размера и инкассация задолженности покупателей за реализованную продукцию. Основными этапами управления являются: анализ реальной стоимости задолженности в предшествующем периоде; формирование стандартов оценки покупателей и системы кредитных условий для них; использование современных форм рефинансирования задолженности (факторинг и учет полученных векселей).

Эффективное управление дебиторской задолженностью предполагает разработку кредитной политики и применение ее в отношении конкретных потребителей. В этой связи нами предложена математическая модель по обоснованию размера скидки с критерием оптимальности в виде чистой прибыли (1):

$$\Pi = Om - Себ - Пот - Здз - Ск \rightarrow \max, \quad (1)$$

где Π – прибыль по i -му виду продукции;

Om – отгрузка товарной продукции;

$Себ$ – себестоимость отгруженной продукции;

$Пот$ – потери от непогашения безнадежной задолженности;

$Здз$ – затраты на финансирование дебиторской задолженности;

$Ск = Ск_1 + Ск_2 + Ск_3 + \dots$ – сумма скидок заказчикам.

Практически нами определены скидки для 3-х групп заказчиков по:

$$Ск_1 = Om'' \cdot \kappa_{ск_1} \cdot d_{нок_1};$$

$$Ск_2 = Om'' \cdot \kappa_{ск_2} \cdot d_{нок_2} \cdot (1 - \kappa_{ск_1} \cdot d_{нок_1});$$

$$Ск_3 = Om'' \cdot \kappa_{ск_3} \cdot d_{нок_3} \cdot \left\{ 1 - \left[\kappa_{ск_1} \cdot d_{нок_1} + (1 - \kappa_{ск_1} \cdot d_{нок_1}) \cdot \kappa_{ск_2} \cdot d_{нок_2} \right] \right\},$$

где $\kappa_{ск_i}$, $d_{нок_i}$ – коэффициент скидки i -й группе заказчиков и их доля;

Om'' – отгрузка, скорректированная на потери от непогашения задолженности.

Затраты на финансирование дебиторской задолженности:

$$\begin{aligned} Здз = & СтОбк_1 \cdot Om + \\ & + СтОбк_2 \cdot (Om - Om'' \cdot d_{нок_1} + Ск_1) + \\ & + СтОбк_3 \cdot (Om - Om'' \cdot d_{нок_1} - Om'' \cdot d_{нок_2} + Ск_2) + \\ & + СтОбк_4 \cdot (Om - Om'' \cdot d_{нок_1} - Om'' \cdot d_{нок_2} - Om'' \cdot d_{нок_3} + Ск_3) \end{aligned}$$

где $СтОбк_i$ – стоимость оборотного капитала (определена ниже) в расчете на i -й период действия скидки.

Применение скидок стимулирует увеличение реализации продукции, поэтому, используя корреляционный анализ, нами определена зависимость прироста реализации «у» (%) от процента скидки « x_1 » (%) и суммы договора « x_2 » (млн. \$). Для конкретной организации получено выражение (2):

$$y = 3,097 + 0,614 \cdot x_1 - 10,976 \cdot x_2. \quad (2)$$

Коэффициент множественной корреляции составил $R = 0,97$. Статистическая проверка показала, что уравнение регрессии и коэффициенты является значимым. Значение коэффициента при x_2 свидетельствует о сильной отрицательной связи между приростом реализации и увеличением суммы договора. Фактические значения, по которым построено уравнение, меняются в диапазоне: прирост реализации «у» – от 0 до 5 %, скидка « x_1 » – от 0 до 3 %, сумма договоров « x_2 » (по группам заказчиков) – от 0,01 до 0,25 млн. \$. Приведенная модель (1) реализована на практике путем сравнения 3 вариантов:

№ 1 – оплата после 60-дневной отсрочки;

№ 2 – объем реализации тот же, скидка 3 % при оплате в срок до 15 дней после выставления счета-фактуры, скидка 2 % при оплате в срок от 15 до 30 дней, скидка 1 % при оплате в срок от 30 до 40 дней;

№ 3 – условия варианта 2 с учетом роста реализации.

Отгрузка принята 0,3 млн. \$. Безнадежная задолженность покупателей составляет 2 %. Экспертным путем определено, что 3 % скидкой воспользуется 15 % заказчиков, прирост реализации по (2) – 4,5 %; 2 % скидкой – 35 % заказчиков, прирост реализации – 3,2 %; 1 % скидкой – 20 % заказчиков, прирост реализации – 3,1 %; 30 % заказчиков скидкой не воспользуется. Стоимость оборотного капитала (рассчитана отдельно) составляет 23 % в квартал. Результаты расчетов по вариантам приведены в таблице 1.

Таблица 1. Расчет варианта предоставления отсрочки (тыс. \$)

Показатель	Значения по вариантам		
	1	2	3
Объем отгрузки	300	300	$45 \cdot 1,044 + 105 \cdot 1,032 + 60 \cdot 1,031 + 90 = 307,2$
Себестоимость	198	198	202
Потери от непогашения задолженности (2 %)	6	6	6,1
Скидки за досрочную оплату	–	$1,32 + 2,05 + 0,58 = 3,95$	$1,35 + 2,1 + 0,6 = 4,05$
Затраты на финансирование дебиторской задолженности	46	30,2	30,9
Прибыль	50	61,9	64,2

Самым выгодным является 3-й вариант, прирост прибыли составляет 28,4 %. Сравнение 1-го и 2-го вариантов показывает, что кредитование приносит дополнительную прибыль, при этом оно позволяет сохранять заказчиков, расширять долю рынка и увеличить объемы продаж. Детальный анализ вариантов с разбивкой по отдельным дебиторам хозрасчетных подразделений организации с использованием компьютерной техники дает возможность оперативно регулировать величину скидок, прогнозировать долю покупателей, которые ими воспользуются, и объемы продаж.

Вывод: Предложена математическая модель по обоснованию размера скидки с критерием оптимальности в виде чистой прибыли, определена зависимость прироста реализации от процента скидки и суммы договора. На примере конкретной ремонтной энергетической организации организовано их успешное применение.

УДК 621.338

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ НОВЫХ СРЕДСТВ ТРУДА

Лизунов И.А.

Научный руководитель – канд. экон. наук, доцент **ЛИМОНОВ А.И.**

Для оценки эффективности новых средств труда (НСТ), характеризующихся стабильностью технико-экономических показателей по годам расчетного периода, расчет экономического эффекта может производиться по формуле:

$$\mathcal{E}_2 = \frac{P_2 - \mathcal{Z}_2}{K_2 + E_H},$$

где \mathcal{E}_2 – экономический эффект приведенный к начальному моменту времени;

$P_z, Z_z = I + (K_p + E_n)K$ – соответственно, неизменные по годам расчетного периода стоимостная оценка результатов затрат;

I – годовые издержки без учета амортизации;

K – единовременные капитальные затраты;

E_n – коэффициент дисконтирования;

$K_p = \frac{E_n}{(1 + E_n)^T - 1}$ – коэффициент реновации, рассчитанный с учетом фактора времени;

мени;

T – расчетный период.

В случае если НСТ производится на протяжении периода, превышающего год, формулу расчета экономического эффекта необходимо модифицировать. Так, если выпуск НСТ осуществляется в равных объемах в течении τ лет при этом затраты по производству и технико-экономические показатели у техники разных лет выпуска идентичны. Эффект от их использования, приведенный к начальному моменту времени, предшествующий началу производства продукции с применением НСТ, составит:

$$\mathcal{E}_\tau = \mathcal{E}_2 + \frac{\mathcal{E}_2}{1 + E_n} + \dots + \frac{\mathcal{E}_2}{(1 + E_n)^{\tau-1}} = \frac{\mathcal{E}_2(1 + E_n)}{(K_p^* + E_n)},$$

где K_p^* – норма реновации, рассчитанная с учетом фактора времени для периода производства (τ лет).

В результате, выражение для оценки экономического эффекта НСТ через показатели, относящиеся к их трудовому производству, составит:

$$\mathcal{E}_\tau = \frac{(P_z - Z_z)(1 + E_n)}{(E_n + K_p)(E_n + K_p^*)}.$$

При использовании полученной формулы расчеты экономического эффекта могут быть несколько упрощены.

УДК 620.9

ПРОВЕДЕНИЕ АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОИСПОЛЬЗОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Ефименко А.Г.

Научный руководитель – канд. экон. наук, доцент НАГОРНОВ В.Н.

Для анализа эффективности энергоиспользования, а также для выявления резервов экономии топливно-энергетических ресурсов целесообразно использовать систему энергоэкономических показателей. Ее следует применять с целью всестороннего изучения полного энергопотребления, его величины, структуры и динамики.

Потребление топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) формируется под влиянием многих факторов роста объемов продукции (работ и услуг), структуры производства (ассортимента), внедрения мероприятий по энергосбережению, ввода-вывода мощностей, изменения вида сырья или комплектующих, погодных условий и т. д. Влияние указанных факторов на потребление ТЭР зависит от рассматриваемого уровня хозяйствования: наибольшее влияние – на уровне предприятия, наименьшее – на уровне министерств.

Анализ энергоэкономических показателей позволяет исследовать закономерности развития энергохозяйства предприятий во времени и проводить сравнительные сопос-

тавления уровней эффективности их функционирования. Это даст возможность оценить степень энергоиспользования, выявить скрытые резервы экономии топлива и энергии, наметить пути дальнейшей рационализации энергетики по предприятию. Вышеуказанный анализ необходимо проводить одновременно с анализом показателей хозяйственной деятельности предприятий: производительности труда и рентабельности производства. Динамика энергоэкономических показателей характеризует тенденцию и специфику развития производства, а также степень эффективности использования энергоресурсов.

Расчет и анализ показателей должен производиться за период, охватывающий весь цикл основных производственных изменений в режиме работы предприятия (квартал, календарный год).

Основными комплексными показателями энергоиспользования на предприятиях являются удельные расходы топлива, тепла и электроэнергии на единицу выпускаемой продукции. Учет взаимосвязи расходов различных видов энергоресурсов в производственных процессах важен при замене одного энергоносителя другим, а также при анализе полного энергоиспользования.

УДК 65.01

КОНТРОЛЛИНГ КАК ФУНКЦИЯ, ПОРОЖДЕННАЯ СОВРЕМЕННЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ УПРАВЛЕНИЯ

Климкович Н.И.

Под воздействием рыночных отношений подавляющее большинство предприятий тем или иным образом стремится оптимизировать свое финансовое положение, повысить эффективность своей деятельности. Для решения этих проблем, а также рационализации затрат предприятия выступает инструментарий контроллинга – системы управления бизнесом, ориентированной на выполнение оперативных и стратегических целей и достижение заданных результатов.

Главная задача контроллинга состоит в поддержке руководителей в процессе поиска и принятия решений по управлению предприятием.

Внедрение системы контроллинга – сложный процесс, включающий информационные, технические, организационные, кадровые и другие мероприятия, успешно реализовать которые можно при наличии четко организованного алгоритма действий.

Наиболее эффективным в условиях ограниченности ресурсов методов внедрения контроллинга является поэтапное изменение информационных и управленческих потоков предприятия.

Одним из важнейших этапов проекта внедрения контроллинга является полное и достоверное обследование предприятия во всех аспектах его деятельности. Иногда в результате обследования обнаруживается большое количество мест возникновения необоснованных дополнительных затрат, а также противоречий в организационной структуре, устранение которых позволило бы уменьшить издержки и существенно сократить время исполнения различных этапов основных бизнес-процессов.

Контроллинг основан на представлении предприятия как сложной открытой системы, имеющей определенные цели. Поэтому следующим этапом внедрения системы контроллинга на предприятии будет такой этап как «целеполагание», в рамках которого определяются качественные и количественные цели внедрения контроллинга и выбираются критерии, по которым можно определить степень достижения поставленных целей. В зависимости от поставленных целей выбирается набор инструментов, которые будут внедряться, и определяются сроки внедрения.

После определения целей и критериев их достижения следует такой этап контроллинга как «планирование». Необходимо произвести анализ сильных и слабых сторон, возможностей и опасностей предприятия, на основе чего разрабатывается стратегия предприятия, а затем – план, который позволяет определить, насколько реально достижение поставленных целей, а так же узкие и широкие места, не позволяющие или помогающие в достижении целей.

Важнейшим основополагающим элементом системы контроллинга выступает оперативный управленческий учет, позволяющий отразить всю финансово-хозяйственную деятельность предприятия в ходе выполнения плана, так как он ориентирован на информационные потребности руководства предприятия и подразделений, на поддержку принятия управленческих решений.

Контроллинг является основным поставщиком информации для управления. Следовательно, следующим этапом внедрения системы контроллинга является построение информационной системы предприятия, то есть процесса непрерывного целенаправленного подбора соответствующих информативных показателей, необходимых для осуществления анализа, планирования и подготовки эффективных управленческих решений по всем аспектам финансово-экономической деятельности.

Владея необходимой информацией, возможно осуществление мониторинга всей финансово-хозяйственной деятельности, на основании которого делаются выводы о сильных и слабых сторонах предприятия, динамике их изменения, о благоприятных и неблагоприятных тенденциях развития внешних условий работы.

На основании всей собранной информации в системе контроллинга осуществляется контроль, в поле зрения которого оказываются настоящее и будущее, то есть производится перспективный и опережающий контроль.

Все предыдущие элементы системы контроллинга необходимы, для обеспечения возможности анализа планов, результатов и отклонений. В рамках системы контроллинга осуществляется анализ прошлого, настоящего и будущего.

В результате проведенного анализа, с учетом уже сложившейся ситуации, а также возможных ее изменений в будущем, вырабатываются рекомендации для принятия управленческих решений. Использование таких рекомендаций дает возможность руководителю осмысленно действовать при решении проблем стоящих перед предприятием.

УДК 621.311.017

АНАЛИЗ СРОКОВ ПРОВЕДЕНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭКОНОМИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Курс Е.А., Наруто С.А., Андилевко М.О.

Научный руководитель – ЧЕРДЫНЦЕВА Л.Р.

В качестве критерия оценки принимаются годовые суммарные расходы R_{Σ} на проводимые мероприятия

$$R_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n R_i,$$

где R_i – составляющие расходов, включающие, в частности, капитальные затраты на тепловую санацию зданий и сооружений R_c , затраты на текущий ремонт R_p , на покупку тепло- и электроэнергию R_e , создание системы энергомониторинга R_M и другие.

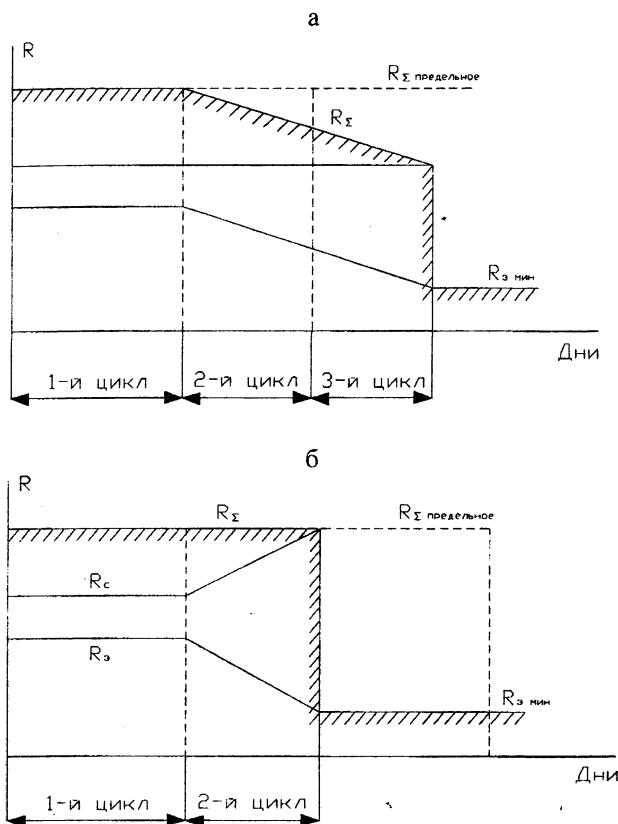


Рис. 1. Зависимость расходов от сроков проведения мероприятий

Таким образом, показана возможность сокращения сроков проведения мероприятий по экономии электро- и тепловой энергии.

УДК 620.9

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ Р-0,25-14-300/6

Дербина Ю.В.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент СПАГАР И.Н.

В марте прошли испытания парового турбогенератора Р-0,25-14-300/6. Были получены технико-экономические показатели турбины, энергетическая характеристика и диаграмма режимов турбины.

Энергетическая характеристика турбины Р-0,25-14-300/6

$$Q_{\Sigma} = 0,1754 + 0,024 \cdot N_{\Sigma} + Q_m,$$

где Q_{Σ} – часовой расход тепла на турбину, ГДж;

0,1754 – часовой расход тепла на холостой ход, ГДж;

0,024 – относительный прирост тепла, ГДж/кВт·ч;

N_{Σ} – электрическая мощность турбогенератора, кВт;

Q_m – часовой отпуск теплоты из отборов турбины, ГДж/ч.

Составляющие расходов R_i и суммарные годовые затраты являются функциями времени (количество дней, затрачиваемых на мероприятие). В зависимости темпов расходов на составляющие R_i сроки суммарных расходов R_{Σ} будут изменяться по-разному.

На рисунке 1 приведены два варианта зависимостей R_{Σ} от количества дней при условии циклического изменения затрат R_e (на рис. 1 3 цикла).

Рис. 1а отражает постоянные расходы R_c в течении трех циклов. При этом за счет снижения R_o наблюдается снижение R_{Σ} до минимального уровня $R_{e \min}$ через N дней. Во втором варианте (рис. 1б) за счет повышения расходов R_c на втором цикле снижения R_o до минимального уровня происходит за N_0 дней (за 2 цикла), при этом $N_0 < N$.

На рис. 1 представлена диаграмма режимов турбогенератора Р-0,12/6/3, построенная по опытным данным

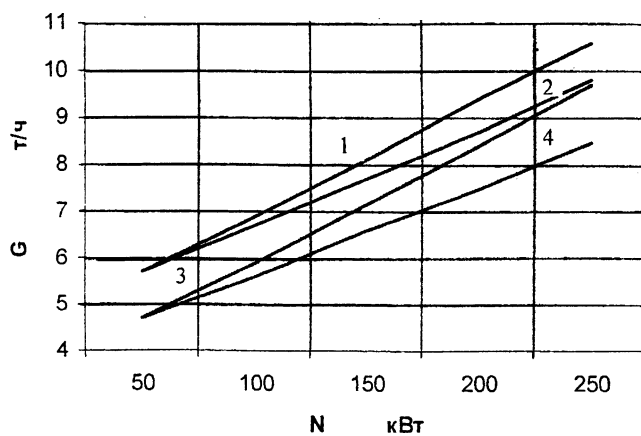


Рис. 1. Зависимость мощности турбогенератора от расхода: 1 – $p_2 = 3$ ата, $G_{отб} = 0$ т/ч;
2 – $p_2 = 3$ ата, $G_{отб} = 4$ т/ч; 3 – $p_2 = 2$ ата, $G_{отб} = 0$ т/ч; 4 – $p_2 = 2$ ата, $G_{отб} = 4$ т/ч

СЕКЦИЯ 7. Электротехника

УДК 621.38

ИЗМЕРЕНИЕ УСИЛЕНИЯ В ELECTRONICS WORKBENCH

Пивень М.В.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент БЛАДЫКО Ю.В.

В расчете электронных устройств необходимо определять коэффициенты усиления по току, напряжению и мощности. При исследовании влияния различных факторов, для снятия характеристик усилителей это приходится выполнять многократно. Для ускорения анализа разработан измеритель усиления. На вход измерителя подаются входные и выходные напряжения и токи, в общем случае изменяющиеся по любому закону. Благодаря имеющимся в Electronics Workbench множительному и делительному устройствам определяются входные и выходные мощности, а также коэффициенты усиления. Результаты индицируются на табло подключаемых к выходам вольтметров. Причем последние должны работать в режиме постоянного тока, т. к. активная мощность определяется постоянной составляющей. На рисунке 1 показан усилительный каскад на биполярном транзисторе с разработанным измерителем. Полученные результаты совпадают с расчетными.

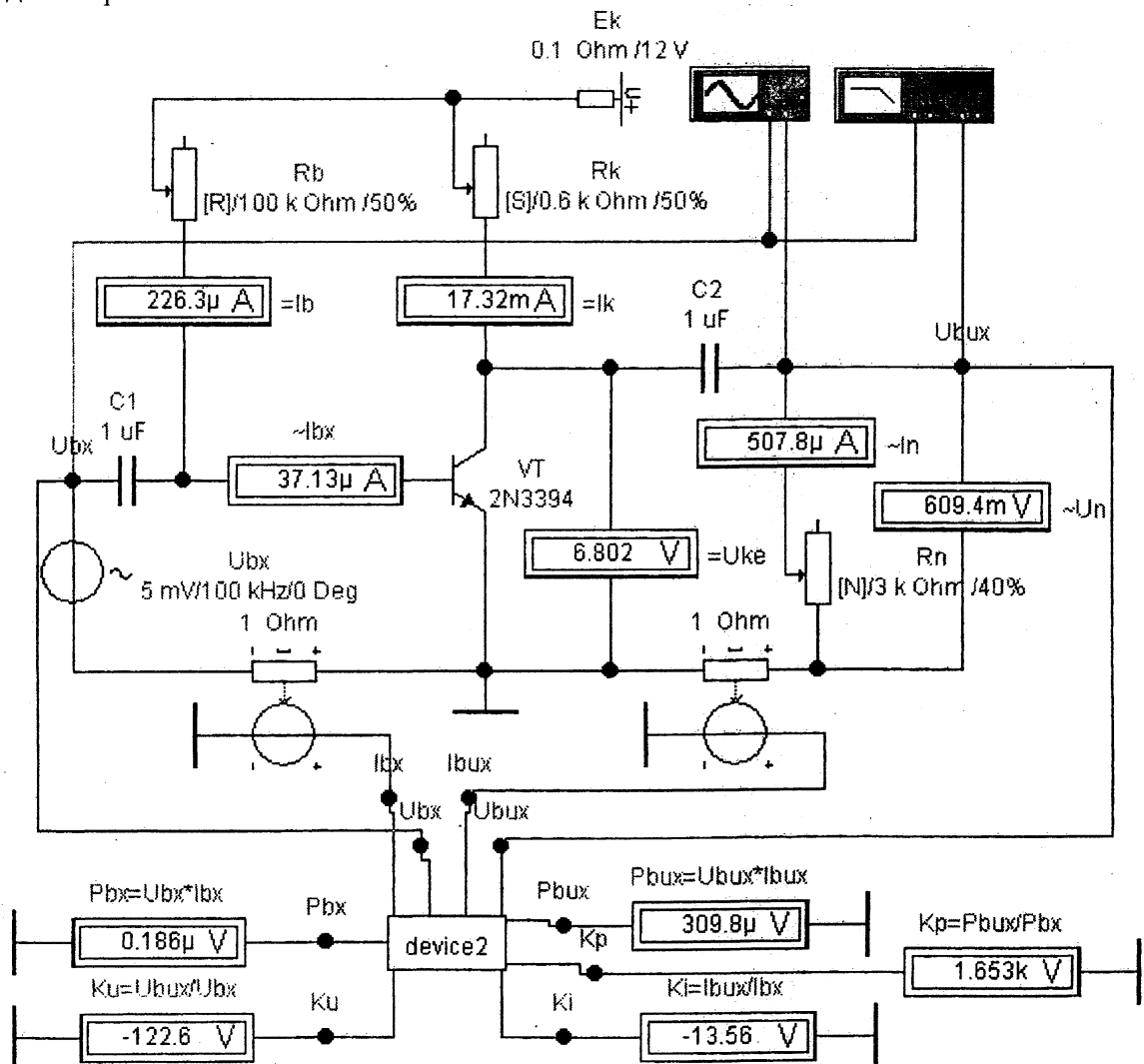


Рис. 1

УДК 621.316

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ПАКЕТЫ АНИМАЦИОННОЙ ГРАФИКИ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПРОЦЕССОВ

Лысюк С.С., Трофимович И.В.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент НОВАШ И.В.

Многие электротехнические дисциплины требуют от студентов мысленного представления различных электромагнитных процессов. Такие понятия, как электрический ток, магнитный поток, вращающееся магнитное поле невозможно увидеть непосредственно глазами или пощупать руками. Электромагнитные процессы описываются математическими формулами на основе физических законов. Представить эти процессы или визуализировать с помощью расчетных результатов, получаемых на основе их математических моделей, – это, значит, дать возможность студенту более глубоко и правильно понять физический смысл этих достаточно сложных физических явлений и процессов.

Первые успешные попытки представления электромагнитных процессов были сделаны в «докомпьютерную» эпоху создателями учебных фильмов по разделам электротехники. С помощью классической анимации (мультипликации) объяснялись принципы действия электрических машин, представлялись в динамике процессы в электрических и магнитных полях, на экране создавалась пространственная картина вращающегося магнитного поля из совокупности пульсирующих магнитных полей трех отдельных обмоток. В настоящее время учебные фильмы того времени стали практически недоступны для учебного процесса в силу старения пленочных носителей и отсутствия соответствующей кинопроекторной аппаратуры.

Сегодня решить задачи визуализации сложных электромагнитных процессов можно на основе мультимедийных компьютерных технологий. Современный персональный компьютер с мультимедийным оборудованием и соответствующим программным обеспечением позволяет решать подобные задачи практически любой сложности. В данной работе проведена первая попытка привлечь внимание студентов и преподавателей к этой проблеме, и выполнить компьютерную визуализацию вращающегося магнитного поля.

Для решения задачи был проведен анализ компьютерных пакетов, с помощью которых принципиально возможно осуществлять анимацию результатов математических расчетов. Для реализации таких задач можно выделить следующие системы анимационной графики:

- система динамического моделирования Simulink MathLab;
- графический пакет Model Vision;
- пакет пространственной графики 3D-Grapher;
- математический пакет Visual Mathlab;
- пакет для расчетов и визуализации физических процессов ELCUT.

Из перечисленных программных средств хотелось бы особо выделить два последних пакета, как наиболее простых в освоении, наименее ресурсоемких и, что немало важно, бесплатно распространяемых.

В пакете 3D-Grapher вращающееся магнитное поле было представлено в упрощенной структуре неподвижного цилиндра – статора и равномерно вращающегося цилиндра – ротора. Электромагнитное поле представлялось изменяющимися по длине векторами магнитной индукции неподвижных обмоток и суммарным вектором магнитной индукции, вращающимся в плоскости сечения статора.

Задача визуализации также была решена с помощью расчетной программы на языке C++ Builder. Разработанная программа представляет вращающееся магнитное поле в виде векторов индукции совместно с синхронизированными с ними графиками

фазных токов. Значение амплитуд, частот и начальных фаз трехфазной системы токов можно изменять в выводимом на экран диалоговом окне.

Подобные программы анимационной графики могут оказать реальную помощь в изучении физических процессов и принципов работы электрооборудования.

УДК 621.316.176

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРИ ГРУППОВОЙ РАБОТЕ ЭЛЕКТРОПЕЧЕЙ

Рябцева Е.В.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент СОНЧИК Л.И.

Проблема рационального использования топливно-энергетических ресурсов одна из наиболее актуальных как в нашей стране, так и за рубежом. Важная роль отводится рациональной эксплуатации электротермических установок, так как они являются мощными потребителями электроэнергии.

При наличии на промышленном предприятии мощных электропечных установок создаются условия для регулирования с их помощью суточного графика электрической нагрузки. Для уменьшения потерь электроэнергии необходимо:

- уменьшение несимметрии нагрузки по фазам и улучшение качества электроэнергии;
- уменьшение заявленного максимума нагрузки;
- использование электропечных установок в качестве потребителей-регуляторов нагрузки энергосистемы.

С целью исследования возможности уменьшения потерь электроэнергии при работе электропечных установок были рассмотрены графики электрической нагрузки печей различного типа.

Потребление мощности по отдельным периодам плавки и внутри самих периодов ступенчатое.

При разложении функции мощности от времени в ряд Фурье по математическим формулам видно, что высшие гармоники можно не учитывать т. к. мощность будет составлять не меньше 90 % от первоначальной. При рассмотрении графика суммы электрической нагрузки двух печей можно сделать вывод, что суммарная мощность принимает минимальное значение при работе печей в противофазе.

Таким образом, можно сделать вывод, что для исследования уменьшения потерь электроэнергии очень удобно исследовать графики нагрузки электроустановок.

Литература

1. Минеев Р.В., Михеев А.П., Рыжнев А.Л. Повышение эффективности электроснабжения электропечей. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 208 с.
2. Кривандин В.А., Марков Б.Л. Металлургические печи. – М.: Металлургия, 1977. – 464 с.

УДК 621.3 (063)

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И ЧЕЛОВЕК

Короткина Т.В., Листопад Н.В.

Научный руководитель – СЧАСТНАЯ Е.С.

Электричество вошло в жизнь человека, изменило условия его труда и быта. Многообразны примеры применения электричества в промышленности, на транспорте, в

связи, в медицине и искусстве. Электричество позволило создать новую технологию производства и материалы, не существующие в природе. Электростимуляторы и другие электромедицинские приборы – уже сейчас великолепные помощники врача. Два диаметрально различных действия: электричество лечит, спасает человека, от электричества можно погибнуть.

Интересны в изучении темы «электричество и человек» первые сведения об электричестве и магнетизме.

Применение электрокардиографии началось в конце 20-х годов прошлого столетия. Электрокардиограмма – это кривая изменения электрической активности сердца, характеризующая деятельность сердечной мышцы в функции времени за период от поступления крови в предсердие до поступления ее в аорту. Информацию о состоянии сердца дают значения амплитуды напряжения зубцов и интервалы между ними. Величина напряжения, возникающего в процессе жизнедеятельности, и ее изменение во времени характеризуют состояние живого организма.

Но какие широкие возможности перед врачом открывает радиоэлектроника и радиотехника. В середине 50-х годов были созданы системы, позволяющие регистрировать частоту пульса по величине максимальной амплитуды электрокардиограммы. Во время первого полета космического корабля, пилотируемого Ю.А. Гагариным, производился непрерывный контроль за сердечной деятельностью космонавта, регистрировалась частота пульса. Одновременно с помощью системы преобразователей и радиотелеметрического канала производился контроль за дыханием и другими функциями жизнедеятельности космонавта.

В перспективе ближайшего будущего – передача энергозатрат человека при выполнении той и иной работы.

Электрический способ перемещения вещества используется в одном из старейших средств лечения, называемом электрофорезом или ионофорезом.

При эксплуатации и ремонте электрического оборудования и сетей человек может оказаться в сфере действия электрического поля или непосредственном соприкосновении с находящимися под напряжением проводами электрического тока. В результате прохождения тока через человека может произойти нарушение жизнедеятельных функций, таких как нервная, сердечно-сосудистая и дыхательная.

Электрический ток, проходя через тело человека, может оказывать биологическое, тепловое, механическое и химическое действия. Характер воздействия электрического тока на человека и тяжесть поражения пострадавшего зависит от многих факторов.

К факторам, влияющим на исход поражения электрическим током, относят: величину тока, величину напряжения, время действия и частоту тока, путь замыкания, сопротивление человека, окружающую среду, фактор внимания.

Постоянный и переменный токи при напряжениях до 500 В оказывают различные воздействия на организм человека. При таких напряжениях степень поражения постоянным током меньше, чем переменным той же величины. Исследования показали, что самыми неблагоприятными для человека являются токи промышленной частоты (50 Гц).

Степень поражения при соприкосновении человека к токоведущим частям зависит от пути замыкания тока через человека. Величина неотпускающего тока по пути «рука-рука» приблизительно в два раза меньше, чем по пути «рука-нога».

Величина тока проходящего через какой-либо участок тела человека зависит от приложенного напряжения и электрического сопротивления, оказываемого току данным участком тела. Это сопротивление для практических расчетов может быть принято равным 1000 Ом.

Влажность и температура воздуха, наличие заземленных металлических конструкций и полов, токопроводящая пыль и другие факторы окружающей среды оказывают дополнительное влияние на условия электробезопасности. Фактор влияния играет важную роль при поражении электрическим током.

УДК 621.316

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ ТРЕХФАЗНОГО ТИРИСТОРНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ В СИСТЕМЕ ДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ SIMULINK MATLAB

Барбук Е.А., Ефремов П.В., Сазонов И.Е., Сурус И.А.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент НОВАШ И.В.

Для исследования режимов работы электронных устройств, в том числе и преобразовательной техники, хорошо зарекомендовали себя прикладные пакеты, в основе которых используется пакет Pspice. На кафедре «Электротехника и электроника» в учебном процессе используется достаточно эффективный для анализа электронных схем пакет Workbench, который по существу представляет собой виртуальную лабораторию с достаточно широкими возможностями. Однако представление трехфазных объектов в пакете Workbench требует моделирование каждой фазы в отдельности.

Наиболее удобным и эффективным инструментом для исследования нормальных и аварийных режимов трехфазных систем является система MatLab, в состав которой входит пакет моделирования динамических систем SIMULINK [1]. Задачи исследования работы трехфазных полупроводниковых преобразователей с достаточной точностью могут быть решены в режиме динамического моделирования с помощью пакета Simulink-4 MatLab-6.0 [2]. Полная комплектация пакета SIMULINK содержит около 30 различных библиотек в том числе и библиотеку моделей трехфазных компонентов (электрических машин и трансформаторов, полупроводниковых преобразователей, линий электропередачи, нагрузок и др.).

В данной работе была разработана модель трехфазного мостового тиристорного преобразователя с системой импульсно-фазового управления работой тиристорных и автоматическим ПИД-регулятором тока нагрузки. Модель системы в виде структурной схемы из функциональных блоков, имеющих в соответствующих библиотеках пакета SIMULINK-MATLAB, представлена на рисунке 1 [3]. Результаты расчета режима работы преобразователя на активно-индуктивную нагрузку с начальным значением тока нагрузки 800 А и переходом на нагрузочный режим с током 400 А представлены на рисунке 2.

Проведенные исследования для различных законов управления автоматического регулятора и полученные результаты свидетельствуют о том, что пакет SIMULINK-MATLAB может успешно применяться в учебном процессе и для научных исследований, проводимых методом вычислительного эксперимента, применительно к задачам электротехники, электроники и теории автоматического управления.

Литература

1. Дьяконов В. Simulink 4. Специальный справочник. – СПб.: Питер, 2002. – 528 с.
2. Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0: Учебное пособие. – СПб.: КОРОНА принт, 2001. – 320 с.
3. Климович Г.С., Новаш И.В. и др. Лабораторные работы по курсу «Сильноточная электроника электроэнергетических установок» для студентов специальностей 10.01, 10.02, 10.04. – Мн.: Ротапринт БПИ, 1991. – 62 с.

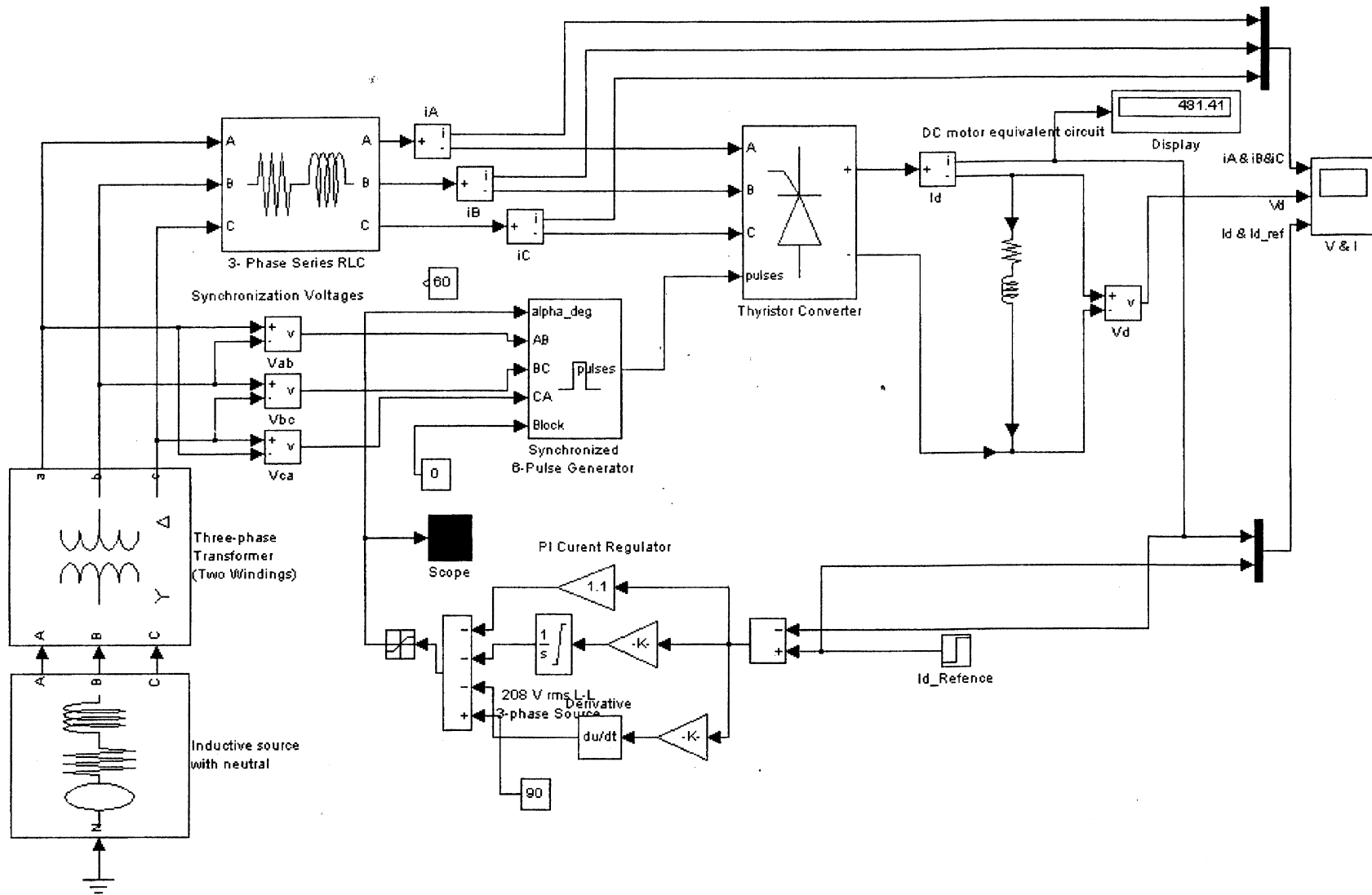


Рис. 1. Модель системы

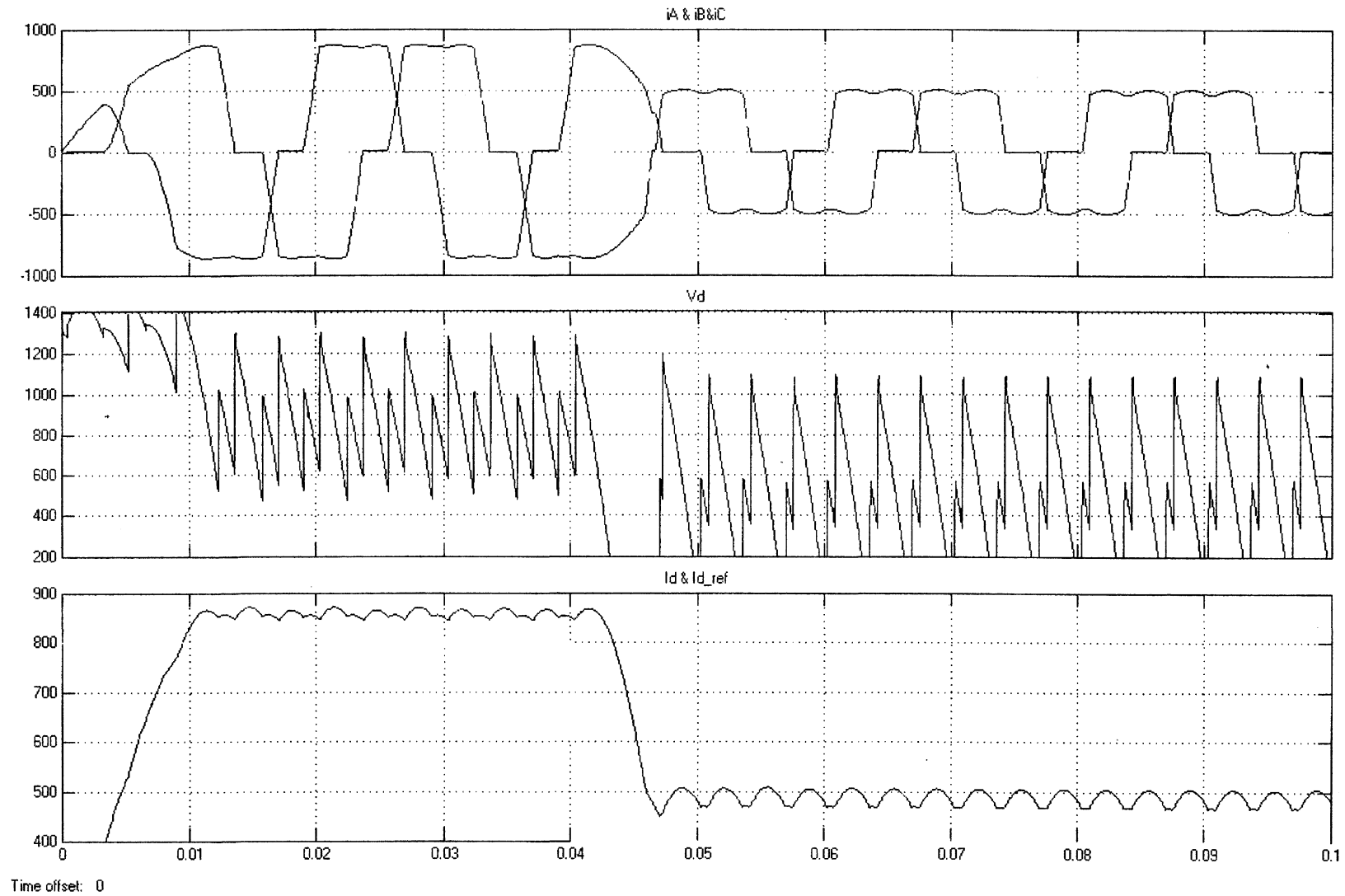


Рис. 2. Результаты расчета режима работы преобразователя

УДК 681.7.068

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ КОРОТКОЗАМКНУТЫХ ВИТКОВ В ОБМОТКАХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Яцкевич А.

Научный руководитель – **МИХАЛЬЦЕВИЧ Г.А.**

Электродвигатели находят самое широкое применение на производстве и в быту. Однако, через некоторое время, может случиться так, что электрический ток, потребляемый электродвигателем, возрастет, мощность на валу уменьшится, а электродвигатель начнет сильно нагреваться. Это может произойти из-за износа подшипников в электродвигателе и соединенном с ним механизме. Но чаще всего это происходит при появлении короткозамкнутых витков в обмотках электродвигателя. Поэтому устройства и приборы, позволяющие однозначно выявлять такую неисправность являются востребованными в мастерских по ремонту электрооборудования.

Одним из таких приборов является аппарат ЕЛ-1У4. Он при помощи синхронного переключателя посылает импульсы напряжения на испытываемые обмотки. В них возникают затухающие колебания. Если при испытании двух обмоток обнаружится витковое замыкание или какой-либо другой дефект и на экране появляются две кривые, то для обнаружения обмотки с дефектом нужно одну из обмоток поменять местами с третьей обмоткой. Если после такой замены на экране будет одна кривая, а не две, то дефектной обмоткой является замененная. Недостатком прибора является то, что он изготовлен на электронных лампах, а ток в обмотки посылается с помощью механического переключателя обладающего низкой надежностью. Контакты его со временем могут окислиться и подгореть. При этом ухудшается стабильность колебаний в обмотках и изображение на экране начнет подергиваться.

Авторами было разработано и изготовлено подобное устройство, в котором устранены указанные выше недостатки.

Схема управления токовыми ключами выполнена на интегральных микросхемах в основном серии К561, а механический переключатель заменен высоковольтными МОП транзисторами типа КП707А. Это позволило уменьшить размеры и вес корпуса устройства и повысить надежность его работы. Устройство выполнено в виде приставки к осциллографу.

УДК 621.316

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ПОДСТАНЦИИ В СИСТЕМЕ ДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ SIMULINK MATLAB

Артюх А.Е., Дунешенко Я.И., Шумра А.П.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент **НОВАШ И.В.**

Вычислительная система MATLAB [1] предназначена для выполнения сложных инженерных, научно-технических расчетов практически в любой области науки и техники, особенно для расчетов в области электротехники, радиотехники, автоматике. Наибольший интерес представляет использование системы MATLAB в режиме динамического моделирования. Для этого используется пакет моделирования динамических систем SIMULINK [2]. При исследовании электрических режимов не требуется разработки математического описания исследуемой системы. Модель системы составляется на основе структурной схемы из функциональных блоков, имеющих в соответствующих библиотеках системы SIMULINK-MATLAB.

Для исследования рабочих и аварийных режимов трансформаторной подстанции [3] была составлена в системе SIMULINK динамическая модель, состоящая из библиотечных блоков трехфазной питающей системы, линии электропередачи, системы шин 10,5 кВ с присоединенной трехфазной нагрузкой, трехфазного силового трансформатора, системы шин 0,4 кВ с присоединенными потребителями. На стороне 0,4 кВ были сформированы модели трех нагрузочных трехфазных линий: линии с нагрузкой, в которой возникает КЗ, линии с нагрузкой, в которой производится оценка влияния КЗ, возникшего на соседней линии, и линии с суммарной нагрузкой оставшихся нагрузок трансформаторной подстанции. Режим включения трансформатора, КЗ и различные виды замыканий имитировались однофазными выключателями в структурной схеме модели, у которых можно задавать момент замыкания или размыкания контактов.

Результаты расчетов исследуемых режимов для соответствующих участков цепи выводятся на монитор ПЭВМ в виде осциллограмм токов и напряжений, получаемых с помощью виртуальных осциллографов системы SIMULINK. Исследования показали, что расчеты переходных процессов при КЗ получаются в среде MatLab только при достаточно больших значениях индуктивностей элементов электрической цепи. При малых значениях индуктивностей возникают проблемы получения устойчивого процесса решения, из-за проявления «жесткости» в дифференциальных уравнениях модели.

Литература

1. Ануфриев И.Е. Самоучитель MatLab 5.3/6.x. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 736 с.
2. Дьяконов В. Simulink 4. Специальный справочник. – СПб.: Питер, 2002. – 528 с.
3. Новаш И.В. Математические модели для исследования коммутационных режимов силовых трансформаторов // Вестник БНТУ. – 2002. – № 6. – С. 73–78.

УДК 621.316

РАЗРАБОТКА РАСЧЕТНЫХ ПРОГРАММ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕРЕХОДНЫХ И УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ В СРЕДЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ MATLAB

Григореня А.А., Ковалев В.В., Филипенко К.М.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент НОВАШ И.В.

Система MatLab является одним из эффективнейших средств выполнения научно-технических расчетов, визуализации их результатов, обработки экспериментальных данных и математического моделирования [1].

Среда программирования MATLAB имеет свой, относительно простой язык, напоминающий BASIC, отличающийся малым количеством операторов. Незначительное количество операторов упрощает процесс программирования, и одновременно позволяет создавать полноценные программы воспроизведения процессов в сложных системах благодаря большому количеству стандартных процедур и функций. Работа в программном режиме используется для сложных расчетов, позволяет реализовать предварительно разработанные алгоритмы, повторять вычисления при других исходных данных. Программа, составленная на языке MATLAB, содержит все команды и операторы, обеспечивающие ввод исходных данных, организацию и выполнение вычислений, вывод результатов на экран и, при необходимости, во внешний файл. В программном режиме пользователю также доступны все вычислительные возможности системы, все виды графической информации для наглядного представления результатов. Использование библиотек стандартных графических процедур для визуализации результатов расчета, математических выражений, связывающих векторные или матричные объекты, позволяет решать вычислительные задачи «разового» пользования значительно эффек-

тивнее, чем с помощью программ, написанных на «скалярных» языках типа FORTRAN или BASIC.

Для практического освоения программной среды MATLAB и демонстрации возможностей визуализации результатов расчета была составлена расчетная программа для задания курсовой работы по информатики, которую студенты энергетического факультета выполняют при изучении алгоритмического языка FORTRAN. Разработанная расчетная программа выгодно отличается от программы на Фортране компактностью, использованием расчетных операторов, близких по виду к традиционным формулам, построением осциллограмм расчетных токов и напряжений с помощью стандартных команд построения двумерных графиков.

Полученный опыт работы с системой MATLAB показывает необходимость использования студентами данной программной среды для решения вычислительных задач электротехнического характера. Кроме режимов программирования и научного калькулятора система MATLAB может использоваться для проведения исследований сложных электрических систем методом вычислительного эксперимента в режиме динамического моделирования. Исходным материалом для подобных исследований является схема системы, составленная из функциональных блоков, имеющихся в соответствующих библиотеках системы MATLAB.

Литература

1. Новгородцев А.Б. Расчет электрических цепей в MATLAB: Учебный курс – СПб.: Питер, 2004. – 250 с.

Содержание

СЕКЦИЯ 1. Электрические системы	3
СЕКЦИЯ 2. Электрические станции.....	19
СЕКЦИЯ 3. Электроснабжение.....	51
СЕКЦИЯ 4. Тепловые электрические станции.....	66
СЕКЦИЯ 5. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника.....	88
СЕКЦИЯ 6. Экономика и организация энергетики.....	92
СЕКЦИЯ 7. Электротехника	113

Научное издание

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ

Тезисы докладов
61-й научно-технической конференции
студентов, магистрантов и аспирантов
(апрель 2005 года)

Ответственный за выпуск П.И. Климкович

Компьютерная верстка Е.А. Дерюгиной

Подписано в печать 04.10.2005.

Формат 60x84 1/8. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 14,4. Уч.-изд. л. 5,6. Тираж 200. Заказ 991.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Белорусский национальный технический университет.
ЛИ № 2330/0056957 от 01.04.2004.
220013, Минск, проспект Независимости, 65.