

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Энергетический факультет

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ

Тезисы докладов 60-й научно-технической
конференции студентов и аспирантов (апрель 2004 года)

Минск 2004

УДК 621.311

ББК 31 я 43

А 43

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

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

ISBN 985-479-187-4

© Белорусский национальный
технический университет, 2004

СЕКЦИЯ 1. Электрические системы

УДК 621.311

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 0,38 кВ

О.В. Сусленок

Научный руководитель О.А. ЖЕРКО

В электрических сетях 0,38 кВ существует несколько особенностей, благодаря которым они заслужили пристальное внимание. Вследствие наличия большого числа однофазных приёмников, работающих несогласованно друг с другом нагрузка в течение суток подвержена значительным колебаниям; в том числе и колебаниям загрузки фаз относительно друг друга. Вследствие этого возникает асимметрия фазных напряжений, что отрицательно сказывается на работе осветительных и силовых приёмников.

Также к наиболее важным показателям качества электроэнергии относится отклонение напряжения. В связи с большой протяжённостью сетей 0,38 кВ и их большой разветвлённостью для обеспечения выполнения этого условия необходимо принимать дополнительные меры.

Надёжность подачи электроэнергии тоже важнейший показатель, ведь всякое отключение наносит ущерб потребителям.

Некоторые из этих проблем необходимо решать ещё при проектировании. Поэтому совершенствование старых методов и поиск новых является актуальным и в наши дни.

Для проектирования электрических сетей до 1000 В необходимо пройти несколько этапов, чтобы собрать всю необходимую информацию. Под этим понимается приёмка всех технических условий, выданных электроснабжающей организацией, наличие плана местности, по которой необходимо проложить линию. Если такового плана нет, то на проектируемый район высылаются специальная группа, которая составляет план местности и получает необходимую информацию. К такой информации принадлежит определение нагрузок потребителей, разметка трассы линии, выбор оптимальных сечений проводов линии. Затем производят выбор количества трансформаторов их мощности и типа. После этого переходят к этапам по выбору коммутационной аппаратуры, опор для проводов, их типов и габаритов между ними.

Всё это позволяет обеспечить в конечном итоге надёжность электроснабжения, снижение потерь электроэнергии и повышения ее качества.

ВЛИЯНИЕ ЗОЛОТВАЛОВ ТЭС НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

А.А. Сидорович

Научный руководитель О.А. ЖЕРКО

Эксплуатация тепловых электростанций, муниципальных и производственных котельных, работающих на твердом топливе (каменные и бурые угли, тора сланец), дает значительное количество отходов в виде золы и шлака. Из всех видов отходов золошлаковые составляют более 90 % образующихся на тепловых электростанциях. На Владивостокской ТЭЦ-2 количество золошлаковых отходов с каждым годом увеличивается. Они размещаются в специально оборудованных хвостохранилищах – золоотвалах, сложных гидротехнических сооружениях, к изготовлению и эксплуатации которых предъявляются жесткие требования. Емкости существующих золоотвалов периодически исчерпываются, и создается критическая ситуация со складированием, которая характерна в настоящее время и для ТЭЦ-2, так как там накоплено 1600 тыс. т. отходов при проектной емкости 1750 тыс. т. Строительство новых золоотвалов отстает от сроков заполнения свободных емкостей. Неудовлетворительно обстоит дело и с рекультивацией отработанных золоотвалов. На энергопредприятиях АО "Энерго" нет установок по переработке золошлаковых отходов, за исключением ОАО "Дальэнерго", где на Владивостокской ТЭЦ-2 имеется технологическая линия РИФЕЙ-4 по производству стеновых блоков из шлакобетона производительностью 416 м³ в год. Но на этой линии перерабатывается всего 1,2–1,9 тыс. т. золы в год.

Влияние золоотвалов на окружающую среду следующее: аварии, поверхностные сбросы и фильтрации – загрязнение прилегающих территорий, минерализация поверхностных вод, химическое загрязнение поверхностных и подземных вод, загрязнение водного бассейна; пыление – загрязнение воздушного бассейна, загрязнение почвы; тепловое воздействие на гидрологический режим и на термическое состояние грунтов золоотвалов, на микроклимат; отчуждение земель – уничтожение сельхозугодий и ландшафтов; радиоактивность – воздействие на радиоактивный фон. Следствием всего являются биологическое воздействие, экономические и социальные ущербы. ТЭЦ-2 является мощным источником загрязнения рудными, радиоактивными элементами и тонкодисперсной золой городской среды, акватории моря и донных осадков. Все это, попадая в организм человека по трофическим цепям, вызывает широкий спектр тяжелых заболеваний.

ЗАЗЕМЛЕНИЕ НЕЙТРАЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ НАПРЯЖЕНИЕМ 6–10 КВ ЧЕРЕЗ ВЫСОКООМНЫЙ РЕЗИСТОР

Д.С. Скуматов

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

В Республике Беларусь воздушные и кабельные электрические сети номинальным напряжением 6–10 кВ работают, в основном, с изолированной или заземленной через дугогасящий реактор нейтралью. К существенным недостаткам сети с изолированной нейтралью относятся значительные фазные перенапряжения (до $3,9U_{\phi m}$), возникающие при продолжительной перемежающейся дуге, а также высокая вероятность поражения электрическим током людей и животных при однофазном замыкании на землю.

Одним из путей исключения недостатков, присущих сети с изолированной нейтралью, служит заземление нейтрали через резистор. Повышение надежности сети достигается за счет снижения кратности и продолжительности дуговых перенапряжений при однофазных замыканиях на землю до $2,5U_{\phi m}$.

Выбор сопротивлений резистора для конкретной схемы связан определением емкостных токов замыкания на землю расчетным путем или путем измерений.

Расчетным путем ток замыкания на землю определяем по следующим формулам:

$$I_C = I_{CK} \frac{l_K}{100} + I_{CB} \frac{l_B}{100};$$

$$I_C = \sqrt{3}U\omega \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C_{0ij} l_{ij}$$

Сопротивление резистора для каждой секции определяется по формуле:

$$R_N = \frac{1}{3\omega \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C_{0ij} l_{ij}}.$$

Заземление нейтрали сети 6–10 кВ через резистор требует предварительного определения емкостных токов замыкания на землю. При отсутствии измеренных значений расчет указанных токов следует проводить с учетом удельных емкостей и протяженностей линий.

УДК 621.3

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАССТОЯНИЯ ДО МЕСТА ОДНОФАЗНОГО ЗАМЫКАНИЯ В ВОЗДУШНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ 6–35 КВ

Д.В. Кублицкий

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

Электрические сети напряжением 6–35 кВ работают с изолированной либо компенсированной дугогасящим реактором нейтралью. Данная особенность позволяет потребителям получать электроэнергию даже при однофазном замыкании на землю, которое в свою очередь является наиболее часто встречаемым видом повреждения в электрических сетях. В то же время определение расстояния до места замыкания в таких сетях – весьма сложная задача. Причина этого кроется в большой протяженности и разветвленности воздушных распределительных сетей, а также небольшой величине тока замыкания. При установке дугогасящего реактора в нейтрале уменьшение тока замыкания может быть настолько большим, что его не могут почувствовать токовые фиксирующие приборы и повреждение остаётся незамеченным.

Вышеперечисленные обстоятельства требуют применение метода определения расстояния до места однофазного замыкания лишённого этих недостатков. Наиболее известные из них требуют знание емкости или ёмкостного тока линии, определение которых связано с рядом трудностей.

Нами предложен метод, основанный на многократном измерении режимных параметров специального синусоидального генератора, подключаемого к повреждённой линии. К замеряемым параметрам относятся ток, напряжение на выводах генератора, частота и угол между векторами тока и напряжения. Проведение многократных замеров связано как раз с возможностью исключения величины ёмкостного тока повреждённой линии из конечной формулы. Поскольку переходное сопротивление в месте повреждения может быть много больше реактивного сопротивления линии, то измерение целесообразно проводить на повышенной частоте (1000–2000 Гц).

В докладе приведена расчетная формула для определения искомого расстояния до места однофазного замыкания в воздушных распределительных сетях напряжением 6–35 кВ. При этом определяемая величина не зависит от активного сопротивления проводов, емкостей между проводами и землёй, переходного сопротивления в месте замыкания, а однозначно определяется измеренными параметрами, подключенного к повреждённой линии генератора.

УДК 621.3

УЧЕТ ПОТЕРЬ НА КОРОНУ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 220–330 кВ

М.В. Смирнова

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

Вопрос целесообразности учета изменения потерь мощности на корону от напряжения достаточно изучен для линий электропередачи 500 и 750 кВ и менее для линий 220 и 330 кВ.

Следует отметить, что протяженность сетей 220–330 кВ в энергосистемах большая и поэтому вопрос о регулировании рабочего напряжения в сетях 220–330 кВ с учетом метеоусловий является актуальным и важным.

Нами на основе экспериментальных данных, имеющихся в научно-технической литературе, построены зависимости удельных потерь мощности на корону от напряжения для линий 220 и 330 кВ с разными сечениями проводов при разных метеоусловиях: хорошая погода, снег, дождь и изморозь. На основе полученных зависимостей были определены целесообразные диапазоны регулирования напряжения линий с учетом нагрузочных потерь мощности и потерь на корону. Оказалось, что в ряде случаев рабочее напряжение линий с точки зрения снижения суммарных потерь мощности целесообразно уменьшать на 10 % и более.

При этом снижение потерь на корону превышает увеличение нагрузочных потерь, особенно при изморози и дожде. Например, при изменении напряжения балансирующего узла расчетной схемы Белорусской энергосистемы с 356 до 340 кВ суммарные потери мощности при неблагоприятных погодных условиях снижались на 10–20 МВт.

УДК 621.1:628.5(075.8)

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НЕГАТИВНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВЛИЯНИЯ ОБЪЕКТОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

О.Г. Башун

Научный руководитель О.А. ЖЕРКО

Основу жизни человека составляет окружающая природная среда, а основу современной цивилизации – ископаемые природные ресурсы и вырабатываемая из них энергия, включая самый технологичный ее вид – электроэнергию. Промышленное производство электрической и тепловой энергии сопровождается крупномасштабным материальным и

энергетическим обменом с окружающей средой, имеющим своим следствием отрицательное воздействие на нее и, следовательно, вызывающим необходимость ее защиты. Иначе говоря, электроэнергетика порождает свои экологические проблемы, специфически связанные с соответствующими областями производства электроэнергии: тепловой, гидравлической и атомной энергетикой.

Развитие электроэнергетики любой страны должно рассматриваться с позиций глобального взаимодействия ее с окружающей средой. Обязательность такого подхода обусловлена тем, что газообразные выбросы ТЭС, рассеиваясь в атмосфере и претерпевая физико-химические превращения, переносятся воздушными массами на большие расстояния. В последние годы все большее внимание обращают на потенциальную возможность изменения климата планеты, вызванного нарушением радиационного теплового баланса Земли в результате накопления продуктов сгорания органического топлива (CO_2) в атмосфере и усиления парникового эффекта.

Хотя во всем мире продолжается активный поиск путей преодоления глобальных проблем, опасность, которую они представляют, продолжает возрастать. К тому же пока не найдено достаточно эффективных, выходящих на практику решений, не достигнута и согласованность действий, совершенно необходимая в данном случае. Усилия, порой значительные, предпринимаемые отдельными или несколькими государствами, не всегда дают желаемый результат и, в лучшем случае, лишь ослабляют, но по крупному счету не решают проблемы, ставшие бедой человечества.

УДК 621.1:628.5(075.8)

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ

А.Ю. Мальков

Научный руководитель О.А. ЖЕРКО

Вступив в XXI век, мир столкнулся со многими проблемами и, прежде всего, с проблемой необходимости создания устойчивого образа жизни, который не будет угрожать будущим поколениям. Пресная вода является важным элементом жизни на нашей планете. Поэтому устойчивое развитие требует рационального использования ограниченных мировых ресурсов пресной воды. Проблема обеспечения водой населения и различных отраслей хозяйства важна и является одной из актуальнейших для развития всей экономики на ближайшие годы.

На пути решения данной проблемы имеется одно очень весомое звено природопользования – это гидроэлектростанции. Изначально

считавшиеся наиболее экологически чистыми источниками энергии гидроэлектростанции также как оказывают влияние на среду обитания человека и других живых организмов.

Наиболее сильно вызывают озабоченность экологов это фактор за-топления огромных территорий под водохранилища с вытекающими отсюда последствиями:

- заболочиваемость реки и ухудшения качества воды вплоть до полной непригодности для хозяйственных нужд;
- прогревание вод и как следствие «цветение» водохранилищ;
- изменение химического состава воды, выделение сероводорода, двуокиси углерода и как следствие коррозия оборудования электростанций;
- нарушения путей миграции рыбы и её гибель в гидроузлах;
- изменение атмосферных процессов;
- изменение климата и появление туманных явлений;
- возможность экологической катастрофы при прорыве плотины.

Чтобы избежать многих из этих последствий или свести до минимума те, от которых не возможно избавиться нужно проводить комплексный мониторинг объектов гидроэнергетики. Мониторинг должен вестись на трёх этапах освоения гидроресурсов:

- на этапе проектирования (самый важный);
- на этапе строительства;
- на этапе эксплуатации.

УДК 621.3

КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ

А.В. Муха

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

Одним из основных вопросов, решаемых как на стадии проектирования, так и на стадии эксплуатации электрических систем, является вопрос о компенсации реактивной мощности, поскольку это является одним из эффективных средств снижения потерь мощности и энергии в электрических сетях.

Для энергосистем, имеющих дефицит реактивной мощности, компенсирующие устройства рассматриваются как средства регулирования напряжения.

Нами на основе технико-экономических расчетов были определены места и мощность установки компенсирующих устройств в распределительной сети 35–110 кВ подразделения Белорусской энергосистемы.

Для решения задачи применяется критериальный метод с использованием экономического эквивалента реактивной мощности, граничное значение которого при действующих ценах на компенсирующие устройства и электроэнергию составило 0,01856 кВт/квар.

Расчеты выполняются для схемы сети, состоящей из шестидесяти двух узлов. Компенсация реактивной мощности производится на напряжении 10 кВ на двадцати шести подстанциях 110/10 кВ и 35/10 кВ.

В результате расчетов оказалось целесообразным установить компенсирующие устройства в 9 узлах схемы сети, общей мощностью 4,5 Мвар. При этом потери в сети снизились на 0,216 МВт. Экономический эффект от установки компенсирующих устройств составил 25 920 рублей, срок окупаемости составил 28 месяцев.

Из установленных 4,5 Мвар компенсирующих устройств 2,5 Мвар должны быть выполнены регулируемыми.

УДК 621.3

РАЗВИТИЕ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ПОСОБИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РАЙОНА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

М.В. Автушко, О.В. Автушко

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

В методическом пособии отражены назначение, функции и задачи АСДУ, АСКУЭ и АСУ ТП электрических сетей и подстанций, рассмотрены современные микропроцессорные информационно-управляющие комплексы телемеханики разработки различных фирм-производителей, системы СКЗУ на базе цифровых защит.

Методические рекомендации учебного пособия по выбору проектных решений по автоматизации диспетчерского управления основываются на новейших нормативных документах – Руководящем документе концерна "Белэнерго" «Основные положения по автоматизации района электрических сетей» и итоговом материале «Концепция приборного учета электроэнергии в Республике Беларусь», разработанных "Белэнерго" – "БелТЭИ".

Разработана методика формирования студентами неповторяемых схем районов электрических сетей, для которых необходимо спроектировать АСДУ и АСКУЭ.

В задачи курсового проекта входит формирование схемы электрической сети, разработка структуры диспетчерского управления, системы первичного сбора информации о текущих режимах и аварийных

ситуациях, разработка автоматизированной системы учета электроэнергии, выбор типа микропроцессорных средств телемеханики и установка технических средств на подстанциях и диспетчерском пункте электрической сети, определение параметров электрических режимов для решения задачи АСДУ "Контроль параметров по предельным значениям".

Рассмотрение ведется на примере широко известного программно-технического комплекса "Сириус". Для проектирования предлагаются материалы по более чем десяти российским системам телемеханики и информационно-управляющим комплексам (SMART, DECONT, КОМПАС и др.), сформированные нами в учебную базу данных.

УДК 621.1:628.5(075.8)

ТЕПЛОВОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

В.В. Якубецкий

Научный руководитель О.А. ЖЕРКО

При производстве электрической и тепловой энергии в окружающей среде рассеивается более 60 % исходной энергии топлива в виде подогретой воды и горячих газов.

Изменение гидрохимических условий. Увеличение испарения с водной поверхности, возрастает минерализация воды. Усиленная циркуляция воды в водохранилищах-охладителях и повышение температуры воды в них стимулирует интенсивность биологических процессов самоочищения, но уменьшают растворимость в воде кислорода. Слой испарения воды в зависимости от тепловой нагрузки увеличивается в 2–5 и даже 10 раз.

Изменение гидробиологических условий. Повышение естественной температуры воды из-за сброса тепла ТЭС или АЭС, сдвиг дат начала и конца безледного и вегетационного периодов, усиление циркуляции водных масс в водоеме. Кроме того, прохождение живых организмов сопровождается механическим травмированием и термическим шоком от внезапного повышения температуры воды во время движения по трубам конденсаторов.

У холодолюбивых форм подогрев воды подовляет рост и интенсивность фотосинтеза, они вытесняются из биоценозов более теплолюбивыми формами гидробионтов.

Воздействие тепловых выбросов на атмосферу. Значительная доля всей энергии выделяется в атмосферу в зоне расположения энергетической установки, что вызывает локальное повышение температуры

воздуха над этой зоной. Такие области называют “Острова теплоты”. Характерно наличие регионов с удельным тепловыделением от 10 до 200 Вт/м. Основной результат теплового воздействия в этих регионах заключается в образовании купола воздуха с более высокой температурой на 1–4 °С выше равновесной естественной температуры. Любой местный источник теплоты достаточной интенсивности способствует образованию термической циркуляции, которая четко проявляется при безветрии. Благодаря этому происходит интенсивное образование туманов, увеличение атмосферных осадков.

Таким образом, тепловые выбросы распространяются в водоемах за счет охлаждения конденсаторов, в атмосфере в основном за счет выбросов дымовых газов, в литосфере за счет излучения и теплопроводности.

УДК 621.3

АЛГОРИТМИЗАЦИЯ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ ТОЧЕК РАЗМЫКАНИЯ ГОРОДСКОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

Д.Н. Сучок

Научный руководитель А.А. ВОЛКОВ

Рациональное размыкание замкнутой электрической сети является наиболее простым организационным мероприятием по снижению расхода электроэнергии на ее транспорт в электрической сети. Целевая функция задачи оптимизации в общем виде имеет вид:

$$Ц = \Delta \mathcal{E} \cdot \beta + V_n + V_s + V_u \rightarrow \min,$$

где $\Delta \mathcal{E}$ – потери энергии в сети; β – стоимость единицы потерь энергии; V_n – ущерб от изменения надежности питания при переносе точки разрыва; V_s – ущерб от изменения условий эксплуатации при переносе точки разрыва; V_u – ущерб от изменения качества напряжения.

Целевую функцию часто можно упростить, так как если схема недостаточно надежна, изменяются условия ее эксплуатации либо качество напряжения в худшую сторону, то размыкание не производится:

$$Ц = \Delta \mathcal{E} \cdot \beta.$$

В случае незначительных изменений нагрузок потребителей за рассматриваемый период времени оптимизация точек размыкания электрической сети заключается в том, чтобы уменьшить потери активной мощности в ней с учетом ряда ограничений. Тогда получим следующую функцию:

$$Ц = \Delta P.$$

Решение данной задачи осуществляется следующим образом. В исходном режиме рассчитывается потокораспределение в сети и суммарные потери активной мощности в ней. Далее точка разрыва поочередно переносится в другие узлы схемы, проводится расчет потокораспределения и потерь активной мощности в полученном режиме. Если потери окажутся меньше, чем в исходном режиме сети, то рассматриваются технические ограничения и в случае их выполнения задача считается решенной.

Осуществлен выбор оптимальных точек размыкания в схеме Минских кабельных сетей микрорайона Юго-Запад. Расчет потокораспределения проводился с помощью программного комплекса DELTA.

УДК 621.311

РАСЧЕТ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕТЯХ 6–10 КВ ТОЛОЧИНСКИХ ЭС

А.В. Утнев

Научный руководитель О.А. ЖЕРКО

Важной составляющей общего комплекса энергосберегающих мероприятий является снижение потерь электроэнергии в электрических сетях.

Значительная часть электрической энергии передается по сильно разветвленным распределительным сетям 6–10 кВ. Эти сети, работающие, в основном, в разомкнутом режиме, характеризуются большой размерностью, динамизмом развития вследствие непрерывного увеличения электропотребления, недостаточной информационной обеспеченностью сетей, отсутствием необходимого числа обслуживающего персонала. Перечисленные специфические особенности распределительных сетей требуют разработки соответствующих методов оценки режимов, расчета, снижения и нормирования потерь электрической энергии, ориентированных на применение современных вычислительных средств и, прежде всего персональных электронных вычислительных машин (ПЭВМ).

Передача и распределение электрической энергии по электрическим сетям должны осуществляться при минимальных затратах трудовых и материальных ресурсов с заданными надежностью и качеством электроснабжения. Показатель потерь энергии в электрических сетях входит в состав основных показателей работы энергосистем наряду с расходом топлива, отпуском энергии потребителям, себестоимостью энергии, прибылью и др.

Работа по расчету и анализу потерь энергии в распределительных сетях достаточно объемна, поэтому выполняется специально назначенным для этой работы инженером в составе диспетчерской службы ПЭС.

Успешное внедрение методики расчета потерь может быть гарантировано лишь в том случае, если в ее основу будет положена доступная, не требующая специальных изысканий исходная информация и, при этом, будет обеспечена приемлемая для практического использования точность результатов расчета.

УДК 621.3

ОПТИМИЗАЦИЯ ПОТОКОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ В ЗАМКНУТЫХ СЕТЯХ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ С ПОМОЩЬЮ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ УСТРОЙСТВ

А.Б. Спитко

Научный руководитель Е.В. МЫШКОВЕЦ

В замкнутой сети, если не принято специальных мер, складывается естественное распределение мощностей, которое в общем случае не будет экономичным. Под экономичным распределением мощностей понимается распределение, соответствующее минимуму потерь активной мощности. Неэкономичное распределение мощностей обусловлено неоднородностью электрических сетей. Сеть называется неоднородной, если отношение R/X не одинаково для всех ее участков.

В силу физических причин естественное распределение потоков активной мощности между линиями замкнутых параллельных участков сетей приводит к недогрузке части сети с линиями более высокого напряжения и перегрузке линий более низкого напряжения. Вследствие этого наиболее густая часть сети - маломощные линии, используется в многократно разомкнутой конфигурации. Размыкание контуров сети производится вынужденно, во избежание перегрузок контурными, несмотря на то, что оно ведет к снижению надежности, ухудшению качества электроснабжения и увеличению потерь в сетях.

Оптимизировать потокораспределение можно введением в контур дополнительной э.д.с. с помощью фазорегулирующих устройств.

Трансформаторные фазорегулирующие устройства можно условно классифицировать по способу установки, напряжению на контактах переключателя ответвлений и по способу регулирования напряжения.

По способу установки можно выделить устройства, подключаемые к силовому трансформатору (автотрансформатору) и самостоятельные устройства.

По напряжению на контактах переключателя ответвлений фазорегулирующие устройства можно разделить на:

- устройства с фазным потенциалом на контактах переключателя;
- устройства с переключением в нейтрали.

По способу регулирования напряжения:

- трансформаторные устройства с ПБВ или РПН;
- нерегулируемые (или регулируемые с помощью выключателей);
- с плавным регулированием напряжения;
- с тиристорным управлением.

Применение этих устройств позволяет снизить потери активной мощности в сети, разгрузить линии более низкого напряжения.

УДК 621.3

ПРЕДПОСЫЛКИ ПРИМЕНЕНИЯ УСТРОЙСТВ УПРАВЛЕНИЯ ПОТОКАМИ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В ЗАМКНУТЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Д.И. Сумич

Научный руководитель Е.В. МЫШКОВЕЦ

Современные энергосистемы имеют сложно-замкнутые электрические сети. Такие электрические сети характеризуются высокой степенью неоднородности. Сеть называется неоднородной, если отношение реактивного сопротивления к активному (X/R) не одинаково для всех ее участков.

Неоднородность замкнутых электрических сетей объясняется тем, что линии, образующие контур, могут быть кабельными и воздушными. Каждая из них может выполняться разными сечениями проводов или жил кабелей. В современных воздушных сетях показатель неоднородности X/R увеличивается с ростом класса напряжения. При параллельной работе линий разного класса напряжения это приводит к перегрузке части сети более низкого класса напряжения и недогрузке части с более высоким классом напряжения, и соответственно к завышенным потерям мощности.

При экономичном распределении мощностей в контуре, соответствующем минимуму потерь, мощности по ветвям распределяются в соответствии с активными сопротивлениями.

При естественном распределении одна часть мощности в контуре распределяется по ветвям в соответствии их полным сопротивлениям (активным и индуктивным), а другая часть мощности в виде уравни-

тельной циркулирует внутри контура и имеет одинаковое значение во всех ветвях.

Активная уравнительная мощность зависит от параметров схемы, их соотношения на отдельных участках активных и реактивных нагрузок узлов. Эта мощность равна нулю, если для всех узлов $tg\varphi = 0$. Отсюда следует, что активную уравнительную мощность можно устранить путём полной компенсации реактивных нагрузок во всех узлах замкнутой сети. Уравнительная мощность также будет отсутствовать в однородной сети.

Таким образом, неоднородность замкнутой сети обуславливает появление уравнительных мощностей в контурах, которые вызывают уменьшение пропускной способности сети, увеличение потерь мощности и энергии и снижение качества напряжения. Снижение влияния неоднородности сводится или к снижению неоднородности параметров сети, или к компенсации контурных уравнительных мощностей.

СЕКЦИЯ 2. Электрические станции

УДК 621.315

УПРОЩЕННЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА СБЛИЖЕНИЯ ПРОВОДА ОРУ ПРИ КОРОТКОМ ЗАМЫКАНИИ

З.О. Редковец, В.Н. Малонухин, В.А. Рулинский

Научный руководитель И.И. СЕРГЕЙ, д-р техн. наук, доцент

В настоящее время большое внимание уделяется упрощенным методом расчета сближения проводов при коротком замыкании (КЗ). Они характеризуются небольшим объемом вычислений и доступны для широкого круга специалистов. Поэтому в основу межгосударственного стандарта СНГ на методы расчета электродинамического действия токов КЗ положены два упрощенных метода расчета:

1) Московского энергетического института (ТУ), который базируется на расчетной модели провода в виде физического маятника и дифференциальном принципе решения задачи;

2) БНТУ, в основу которого положены интегральный и энергетический принципы механики.

В докладе излагается разработанный на кафедре «Электрические станции» БНТУ упрощенный метод расчета, научную новизну которого составляет использование в качестве интегрального критерия тяжести электродинамического действия тока КЗ на гибкие провода электроустановок импульса электродинамических усилий (ЭДУ). В интегральной форме импульс ЭДУ учитывает основные характеристики тока КЗ. На основе энергетического баланса кинетической энергии движения провода при КЗ и потенциальной энергии после КЗ получены простые явные формулы для расчета максимальных отклонений горизонтально расположенных проводов при двухфазном КЗ. Выполнена модификация полученной формулы с использованием коэффициента формы, величины которого определены с помощью вычислительного эксперимента по компьютерной программе, в которой реализован численный метод расчета движения проводов, представленных гибкой упругой нитью. Построены зависимости коэффициента формы от скорости движения провода в момент отключения КЗ. Она является комбинацией основных характеристик проводов, гирлянд изоляторов и тока КЗ. По указанным зависимостям, построенным для различных относительных стрел провеса проводов, можно найти величину коэффициента для различных пролетов с гибкими проводами.

Подставив в формулу максимальных горизонтальных отклонений величину допустимых по рабочему напряжению значений, получим

выражения для расчета допустимых импульсов ЭДУ. Выполнены расчеты допустимых импульсов ЭДУ для типовых проектов распределительных устройств (РУ) 110–330 кВ. По величине указанного импульса определяются токи электродинамической стойкости гибких шин РУ и допустимое время их протекания.

Разработанный метод рекомендуется к использованию в проектной практике.

УДК 621.3

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ ТЕХНИКИ

М.С. Ломан

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

Целью дипломного проекта являлось изучение и разработка новых конструкций электроустановок или их компонентов, обеспечивающих снижение вредных воздействий электроэнергетических объектов на людей, животных и растения.

В процессе работы выполнены:

а) Исследование мероприятий по защите птиц от воздействия воздушных ВЛ и ВЛ от воздействия птиц. Рекомендованы к применению конструкции, обеспечивающие комплексную защиту от птиц в условиях Республики Беларусь:

1. На ВЛ 35 кВ – изолирующий конус диаметром 30 см с углом 60–90° на верхушке опоры. Для защиты гирлянд – вертушки конструкции Белэнергосетьпроекта;

2. На ВЛ 110 кВ в местах высокой вероятности появления птиц на траверсах над гирляндами устанавливать конусы из изолирующего материала, диаметр – 50–60 см, угол у вершины 90°; использовать защитные кольца из сшитого полиэтилена (кольца монтируются на втором изоляторе при 7 изоляторах в гирлянде и на третьем – при 8–9, диаметр кольца – 40 см); на опорах ПБ 110-1, ПБ 110-2 рекомендуется изолировать провода на длину 1 м в обе стороны от зажима покрытием из сшитого полиэтилена, толщиной 2–3 мм;

3. Альтернативой изолирующим конусам для защиты гирлянд являются «вертушки» конструкции Белэнергосетьпроекта, однако горизонтальный размер должен быть увеличен до 50–60 см или вариантом решения может быть установка двух вертушек стандартного размера (17–20 см);

4. При наличии на ВЛ защитных метелок из расплетённого троса, их следует усовершенствовать. Трос должен быть расплетен на всю

длину (30–40 см) и проволоки разведены по всему пространству. Дополнительно верх железобетонных опор предлагается защитить изолирующими конусами или вертушками;

5. При пониженной вероятности появления птиц в районе прохождения ВЛ 110 кВ меры могут быть упрощены. Могут устанавливаться или изолирующие конусы или вертушки (без установки защитных колец, изолирования проводов);

6. Для ВЛ 220 кВ диаметр защитных конусов – 90 см, диаметр защитных колец – 60 см при установке защитного кольца на четвертый-пятый изолятор от провода. При использовании вертушек или устройств из расплетенного троса предусмотреть модернизацию этих устройств так же, как и для ВЛ 110 кВ;

7. На ВЛ 330 кВ устанавливать изолирующие конусы на траверсы над гириандами промежуточных опор. Диаметр конуса 120 см, угол в вершине 120°. При использовании вертушек или метелок из расплетенного троса размеры должны быть увеличены по сравнению с рекомендациями для ВЛ 110 кВ в 1,5–2 раза;

б) Определение токов утечки через изоляцию покрытых проводов 10 кВ. Результаты исследования токов утечки через покрытие линий ВЛП (токи не превышают 15 мА при увлажнённом покрытии, определяются сопротивлением покрытия, не зависят от сопротивления остальной цепи, а значит не представляют опасности для человека) могут быть использованы при разработке правил техники безопасности при эксплуатации и ремонте ВЛП.

УДК 621.316

РАСЧЁТ САМОЗАПУСКА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ СОБСТВЕННЫХ НУЖД ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Д.В. Власовец, М.В. Аксенович, А.С. Русть, М.В. Масленников

Научный руководитель Е.В. ГЛИНСКИЙ

В настоящее время на электростанциях для обеспечения надёжного энергоснабжения потребителей и безопасной эксплуатации агрегатов при любых видах аварий, должны сохраняться собственные нужды (СН) станции. 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 электрические двига-

телях. 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.

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

Результаты расчета самозапуска электродвигателей представляются в виде графиков изменения напряжения и тока секции (секций), скоростей вращения электродвигателей в процессе самозапуска. Исходные данные для каждого конкретного расчета формируются в виде таблиц, содержащих условия расчета и необходимые пояснения.

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 621.316.35

ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКАЯ СТОЙКОСТЬ ШИННОЙ КОНСТРУКЦИИ 10 КВ С ПРОИЗВОЛЬНЫМ РАСПОЛОЖЕНИЕМ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Т.В. Новаш, А.Е. Любимов, В.В. Косов

Научный руководитель И.А. ПРИМА, канд. техн. наук, доцент

Рассматривается случай параллельного расположения жестких проводников любого сечения в вершинах произвольного треугольника при произвольной полярной ориентации шин и сочлененных с ними изоляторами. Для вычисления токов короткого замыкания в любой момент времени рассматривается случай металлического замыкания. Учет ферромагнитных масс не производится. Распределенные электродинамические усилия (ЭДУ) на расчетную фазу определяются по принципу суперпозиции. Для перевода ЭДУ в связанную с шиной и

изолятором местную систему координат формируется матрица направляющих косинусов. При вычислении максимальных значений напряжения в материале шины рассматривается случай косого изгиба балки с жестким закреплением концов:

$$\sigma_{\text{дон max}} = \left| \frac{M_{Y_1}}{W_{Z_1}} \right| + \left| \frac{M_{Z_1}}{W_{Y_1}} \right|,$$

где M_{Y_1} , M_{Z_1} – изгибающие моменты вокруг осей связанной с сечением шины местной системы координат; W_{Y_1} , W_{Z_1} – моменты сопротивления сечения проводника.

Для вычисления максимальных ЭДУ в литературе приводятся значения углов включения только для частных случаев расположения шин, поэтому нахождение максимальных значений напряжения в материале шины и нагрузок на изоляторы осуществляется путем последовательного просчета для ряда углов включения с фиксацией максимальных параметров.

Разработанная методика и программа для ПЭВМ может быть использована в практике конструкторских работ по разработке сборных шин и ошиновок, шинных мостов и токопроводов с произвольным закреплением шин и изоляторов.

УДК 621.311

ОГРАНИЧИТЕЛИ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ НЕЛИНЕЙНЫЕ

О.В. Микулич

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

В настоящее время для защиты от перенапряжений широко применяются ограничители перенапряжений нелинейные (ОПН), благодаря ряду преимуществ по сравнению с обычными разрядниками:

- более высокий уровень ограничений всех видов импульсных перенапряжений (меньшее остаточное напряжение), и, благодаря этому, более широкий диапазон защиты;

- отсутствие сопровождающего тока после затухания волны перенапряжения (благодаря отсутствию искрового промежутка);

- способность к перегрузке и рассеиванию больших энергий;

- непрерывное подключение к защищаемой сети;

- простая недорогая конструкция и надёжность в эксплуатации;

- малые габариты и вес;

- возможность применения в сетях постоянного тока.

ОПН представляют собой разрядник без искровых промежутков, в которых активная часть состоит из металлооксидных нелинейных варисторов, представляющих собой поликристаллическую структуру, состоящую из легированных кристаллов окиси цинка и полупроводящих барьеров между ними из окислов других металлов. Благодаря этому вольт-амперная характеристика варистора обладает такой резкой нелинейностью, что при повышении напряжения в 2 раза ток через него увеличивается на 7 порядков. Это позволило создать ОПН с глубоким ограничением коммутационных и грозовых перенапряжений без сложных искровых промежутков.

Активная часть металлооксидных ограничителей состоит из колонки цилиндрических резисторов. Количество сопротивлений в колонке зависит от напряжения при длительной нагрузке (U_c) ограничителя. Колонка установлена в герметически закрытом фарфоровом или полимерном корпусе. Колонки резисторов ведут себя подобно конденсаторам при воздействии U_c . Паразитная емкость переменных сопротивлений по отношению к земле приводит к неравномерному распределению напряжения по высоте ограничителя при воздействии U_c . Неравномерность увеличивается с длиной колонки. С целью выравнивания потенциала вдоль оси и компенсации неблагоприятного влияния паразитной емкости в высоковольтных ограничителях применяются выравнивающие кольца. В ограничителях с небольшой высотой конструкции применение выравнивающих колец не требуется.

В нормальном рабочем режиме ток через ограничитель носит ёмкостный характер и составляет десятые доли миллиампера. При возникновении волн перенапряжений варисторы ограничителя переходят в проводящее состояние и ограничивают дальнейшее нарастание напряжения на выводах. Когда перенапряжение снижается, ограничитель возвращается в непроводящее состояние.

УДК 621.315

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ УПРОЩЕННЫХ МЕТОДОВ РАСЧЕТОВ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ НА ГИБКИЕ ПРОВОДА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Ваиль Саммур

Научный руководитель И.И. СЕРГЕЙ, д-р техн. наук, доцент

К упрощенным методам расчета относятся методы, позволяющие получать максимальные отклонения и тяжения проводов «ручным сче-

том» без обращений к ПЭВМ. Известны два упрощенных метода расчета, в качестве расчетной модели использующие физический маятник с массой, сосредоточенной в его центре тяжести, и дифференциальный принцип решение задачи электродинамического действия токов короткого замыкания (КЗ) на гибкие провода электроустановок. Многочисленные опытные данные, полученные в разных странах, показали, что модель маятника пригодна для инженерных расчетов максимальных отклонений и тяжений проводов при КЗ.

Первая из методик реализована в проекте международного стандарта, разработанного комитетом 23 «Подстанции» СИГРЭ и техническим комитетом 73 «Токи КЗ» МЭК. Оценка параметров движения проводов при КЗ производится из решения нелинейного дифференциального уравнения динамики маятника. Для его аналитического решения принимается ряд допущений и упрощений, что неизбежно снижает точность расчета.

В методике московского энергетического института (ТУ) провод представляется нерастяжимым стержнем с массой, сосредоточенной в центре тяжести провода в пролете. Опоры стержней – маятников принимаются неподвижными. Наличие гирлянд изоляторов, условия закрепления на опорах, смещение точек подвески проводов учитываются поправочными коэффициентами. Однако при решении нелинейного дифференциального уравнения движения стержня вводятся упрощения и допущения, ограничивающие применение методики частными случаями.

На кафедре «Электрические станции» БНТУ разработан более универсальный упрощенный метод расчета сближения проводов при КЗ, основанный на интегральном и энергетическом принципах механики, не требующий решения дифференциальных уравнений. Важным достоинством метода является наличие поправочных коэффициентов, учитывающих увеличение динамических стрел провеса при отталкивании и уменьшение при сближении проводов. Величины указанных коэффициентов получены вычислительным экспериментом по компьютерной программе, в которой реализован численный метод расчета движения проводов, представленных гибкой упругой нитью. Получены явные формулы для расчета допустимых импульсов электродинамических усилий, при которых максимальные отклонения проводов равны их допустимым значениям. Установлены допустимые импульсы для типовых пролетов ОРУ 110–330 кВ. Это позволяет во многих случаях оценивать электродинамическое действие токов КЗ при проектировании, используя таблицы допустимых импульсов электродинамических усилий.

Таким образом, наиболее универсальным и удобным в практической реализации является упрощенный метод расчета сближения проводов, разработанный в БНТУ.

УДК 643.318.13

О МЕТОДАХ АППРОКСИМАЦИИ ХАРАКТЕРИСТИК НАМАГНИЧИВАНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ СТАЛЕЙ

А.А. Недабой

Научный руководитель А.П. ТОМКЕВИЧ

В связи с развитием микропроцессорной техники актуальной становится задача поиска удовлетворительной аппроксимации характеристики намагничивания (ХН) электротехнической стали. ХН используют при математическом моделировании силовых трансформаторов, генераторов, двигателей, трансформаторов тока (ТТ) и т. д.

Проведенные исследования [1] влияния гистерезиса на величину намагничивающих токов ТТ показали, что при насыщении стали частные петли становятся узкими и замена гистерезиса однозначной кривой не вносит заметной погрешности. Для практических расчетов переходных процессов в ТТ, питающих устройства релейной защиты, рекомендуется использовать основную кривую намагничивания или амплитудную динамическую кривую намагничивания.

На практике при расчетах процессов в ТТ широкое распространение получили простейшие кусочно-линейные аппроксимации кривой намагничивания $B = f(H)$ – прямоугольная (ПХН) и спрямленная (СХН). Их достоинства – простота и хорошее приближение в зонах полного насыщения. К недостаткам можно отнести скачкообразное изменение индуктивности ветви намагничивания ТТ и ее неизменное состояние после замыкания (размыкания) ключа в момент насыщения, нарушение непрерывности $\frac{dB}{dH}$ и низкую точность приближения.

Аппроксимация полиномами высоких степеней и гиперболическим синусом [2], квадратичными функциями [3] являются простыми по форме и обеспечивают непрерывность ХН, однако обладают недостаточной точностью приближения и сильной зависимостью от выбора исходных точек на реальной ХН.

Приближение ХН рядами Фурье не отражает физическую природу ХН – график результирующей функции является волнистым. Полиномы Лагранжа требуют задания известных точек в арифметической

прогрессии, что неоправданно усложняет аппроксимацию в зоне насыщения.

Наилучшая интерполяция обеспечивается кусочно-параболической функцией, предложенной проф. В.И. Новашем Существенным недостатком этой аппроксимации является большая вычислительная сложность при реализации на ЭВМ.

Актуальной задачей является поиск простой и достаточно точной аппроксимации ХН с учетом гистерезиса для использования в цифровых устройствах релейной защиты.

Литература

1. Электрические цепи с ферромагнитными элементами в релейной защите. / А.Д. Дроздов, А.С. Засыпкин, С.Л. Кужеков и др. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 254 с.

2. Соколов С.Е. Аппроксимация кривых намагничивания ферромагнитных устройств // Электричество. – 1991. – № 9. – С. 84–86.

3. Оганян Р.В. Аппроксимация кривой намагничивания стали квадратичной функцией // Электричество. – 1998. – № 4. – С. 70–73.

УДК 621.3

КАБЕЛИ С ПЛАСТМАССОВОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ

А.Г. Докурно, Д.Д. Дмитриченко, А.А. Козловский

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

В выполненной научно-исследовательской работе были рассмотрены следующие вопросы:

1. Кабели силовые с пластмассовой изоляцией. Основные технические характеристики. В данном разделе были рассмотрены общие требования к конструкции кабелей с пластмассовой изоляцией напряжением до 35 кВ и их основные технические характеристики.

2. Эксплуатационные свойства. В этом разделе показано, при каких эксплуатационных условиях может применяться конкретный вид кабеля с пластмассовой изоляцией.

3. Марки кабелей. В этом разделе рассмотрены основные марки кабелей с пластмассовой изоляцией, а также конструктивное исполнение кабеля конкретной марки.

4. Элементы конструкции кабеля. В этом разделе рассмотрены элементы конструкции кабелей (токопроводящие жилы, изоляция и оболочки, защитные покрытия).

5. Конструкции основных типов кабелей. В этом разделе рассмотрены конструкции основных типов кабелей (кабели общепромышленного назначения на напряжение 0,66–6 кВ, кабели на напряжение 10–35 кВ).

6. Кабели специального назначения. Рассмотрены конструкции кабелей специального назначения (кабели для химически активных и взрывоопасных сред, комбинированные кабели на напряжение 0,66 кВ, кабели терморadiационностойкие для атомных электростанций, кабели с секционированными жилами больших сечений, кабели для подводной прокладки).

УДК 621.315

ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦЕЛОЧИСЛЕННОЙ АРИФМЕТИКИ ПРИ РАСЧЕТЕ УСТАНОВИВШЕГОСЯ РЕЖИМА ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

А.В. Комар

Научный руководитель А.П. ТОМКЕВИЧ

Режим ЭЭС описывается нелинейной системой комплексных уравнений, решение которой до настоящего времени возможно лишь итерационными методами, требующими значительных вычислительных затрат. Метод простой итерации и метод Гаусса–Зейделя, не создают проблем с хранением и обработкой промежуточной информации, но плохо сходятся в тяжелых режимах. Еще один недостаток – невозможность получения решения для схем, содержащих большие емкостные проводимости, устройства продольной емкостной компенсации и сильно отличающиеся по величине последовательные сопротивления.

Метод Ньютона–Рафсона и его модификации, обладают лучшей сходимостью, однако требуют большего объема вычислений для решения систем линейных уравнений на каждом шаге. С целью преодоления этих трудностей были разработаны алгоритмы и программы решения линейных уравнений с учетом слабой заполненности матрицы Якоби. К сожалению, вычисления на ЭВМ выполняются с погрешностью обусловленной округлением чисел с плавающей точкой до конечного числа разрядов. При расчете тяжелых режимов, требующих большого числа итераций, алгоритм Ньютона может расходиться, в том числе из-за накопления погрешности вычислений.

Округления чисел в ЭВМ можно избежать, используя аппарат целочисленной арифметики, в основе которого лежат обыкновенные дроби.

Нами произведена серия расчетов установившегося режима энергосистемы состоящий из трех узлов методом Ньютона–Рафсона. В одном случае вычисления производились с плавающей точкой, в другом – с применением обыкновенных дробей. Результаты расчетов различались в восьмой значащей цифре. Итерационный процесс сходился практи-

чески одинаково даже в тяжелых (предельных) режимах. Для систем большей размерности предлагаемый метод исключения погрешности округления пока не исследовался. Тем не менее, анализ полученных результатов показывает, что при расчете установившегося режима энергосистемы с числом узлов больше десяти накапливаемая погрешность при вычислениях с плавающей точкой будет уже значительно влиять на сходимость итерационного процесса.

УДК 621.311.172

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОВИЗОРОВ И ТЕРМОГРАФИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ДЕФЕКТОВ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

С.Ю. Маркова, И.В. Морозов, А.А. Куделько

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

Принцип работы приборов ИКТ основан на преобразовании инфракрасного излучения, к которому не чувствителен человеческий глаз, в видимое. Для обнаружения ИК-излучения в приборах ИКТ используются различные виды приемников: тепловые, фотоэлектрические и др.

Применение ИК-излучения имеет и свои ограничения. Они обусловлены главным образом тем, что в отличие от радиоволн ИК-излучения претерпевают значительное затухание вследствие поглощения-рассеяния.

Погрешности при инфракрасном контроле.

При проведении ИК-контроля должны учитываться следующие факторы:

- коэффициент излучения материала;
- солнечная радиация;
- скорость ветра;
- расстояние до объекта и угол наблюдения;
- значение токовой нагрузки;
- тепловое отражение и т. п.

При проведении инфракрасного обследования электрооборудования существенное значение имеет выявление и устранение систематических и случайных погрешностей, оказывающих влияние на результаты измерения.

Для проведения ИК-диагностики отдельных узлов электрооборудования или термографического обследования могут быть использованы:

- высокочувствительные многофункциональные тепловизоры;
- тепловизоры на пировидиконах;

– пирометры.

Литература

1. Бажанов С.А. Инфракрасная диагностика электрооборудования распределительных устройств. – М.: НТФ «Энергопрогресс», 2000. – 76 с.

УДК 621.315

ОЦЕНКА МАКСИМАЛЬНЫХ ОТКЛОНЕНИЙ ПРОВОДОВ С УЧЕТОМ ИЗМЕНЕНИЯ ИХ ФОРМЫ И ДЕФОРМАЦИИ ПРИ КОРОТКОМ ЗАМЫКАНИИ

Е.Г. Пономаренко

Научный руководитель И.И. СЕРГЕЙ, д-р техн. наук, доцент

Разработанный на кафедре «Электрические станции» практический метод расчета базируется на допустимых импульсах электродинамических усилий (ЭДУ), при которых максимальные отклонения проводов равны их допустимым значениям по рабочему напряжению. При расчетных импульсах ЭДУ, равных и превышающих их допустимые значения, провода принимают форму, при которой их горизонтальные отклонения равны динамическим стрелам провеса.

Многочисленные опытные данные, полученные в крупнейших научных центрах Европейского Союза, Канады и США, показывают, что динамическая стрела провеса гибких шин с гирляндами изоляторов может значительно превышать начальную стрелу провеса провода. На указанное увеличение оказывают влияние изменение формы кривой провода с гирляндами изоляторов, его упругое и температурное удлинение, а также смещение точек подвеса из-за упругой податливости опорных конструкций распределительных устройств (РУ).

В докладе предложен практический метод расчета максимальных отклонений проводов сборных шин РУ с использованием коэффициентов формы:

$$Y_{max} = K_{\phi 1} \cdot K_{\phi 2} \cdot f_0,$$

где f_0 – начальная стрела провеса, м; $K_{\phi 1}$ – коэффициент формы для провода без учета гирлянд изоляторов, о.е; $K_{\phi 2}$ – поправочный коэффициент, учитывающие влияние гирлянд изоляторов.

Коэффициенты формы $K_{\phi 1}$ и $K_{\phi 2}$ определены с помощью компьютерной программы, в которой реализован численный метод расчета сближения проводов, представленных кусочно-однородной нитью. По результатам расчетов построены обобщающие графически зависимости $K_{\phi 1}$ в функции скорости движения провода в момент отключения

КЗ для различных стрел провеса. Поправочный коэффициент $K_{\phi 2}$ определяется по таблице по $U_{ном}$ РУ и длине пролета.

Разработанный практический метод расчета апробирован с использованием опытных величин коэффициента формы, приведенного в проекте международного стандарта. Поэтому он рекомендуется для использования в проектной практике.

УДК 681.3.06

О ПРИМЕНЕНИИ ЦЕЛОЧИСЛЕННОЙ АРИФМЕТИКИ В ТЕХНИЧЕСКИХ РАСЧЕТАХ

А.П. Томкевич

Погрешность решения технической задачи можно разделить [1] на следующие составляющие: погрешность математической модели (вызванная несоответствием математического описания задачи реальности), неустранимая погрешность (определяемая неточностью задания исходных числовых данных), методическая погрешность (погрешность приближенного метода вычислений) и вычислительная погрешность (обусловленная представлением чисел в ЭВМ).

Определение погрешности математической модели – достаточно трудоемкая задача, решение которой в определенных случаях позволяет упростить математическое описание физического процесса. При решении большинства практических задач нет особого смысла применять метод решения задачи с погрешностью, существенно меньшей, чем величина неустранимой погрешности.

Это соображение вызывает широкое применение приближенных методов расчета, которые почти всегда носят итерационный характер. Одним из условий использования приближенного метода для конкретной задачи является его сходимость к точному решению в общем случае за бесконечное число итераций (конечность числа итераций при реальном расчете определяет величину методической погрешности). Заметим, что расходимость итерационного процесса не свидетельствует о том, что решение не существует: процесс может разойтись из-за существенного влияния вычислительной погрешности, несмотря на применение типов данных с «двойной точностью». Поэтому при численном решении практических задач появляются новые вопросы, связанные с устойчивостью результата относительно возмущений исходных данных и округлений при вычислениях.

В некоторых задачах, существует необходимость получения гарантированного решения за наименьшее время (в реальном времени), что

в определенных ситуациях (итерационные методы сходятся неустойчиво) позволяют только точные методы, исключаящие методическую погрешность расчета. К сожалению, точное решение получить удастся не всегда.

Наиболее заметное влияние вычислительная погрешность оказывает на операции сложения большого и малого чисел (в этом случае, за малостью, последнее отбрасывается), вычитания близких больших чисел (здесь происходит потеря значащих цифр); в серийных вычислениях (за счет накопления погрешностей округления). Перечисленные ошибки обусловлены ограниченностью числа разрядов стандартных типов данных при представлении числа в ЭВМ.

Существует несколько путей снижения влияния вычислительной погрешности на результаты расчетов – применение алгоритмов, позволяющих динамически менять размерность типа данных; использование аппарата целочисленной арифметики, основанного на свойствах обыкновенных дробей; и др. Основными недостатками первого подхода по сравнению со вторым являются: неточность в представлении бесконечных периодических дробей (например, число $0,3$ будет представлено конечным числом разрядов) и необходимость хранения «лишних» нулей (например, число $1000000,3$ можно хранить в виде $1 \cdot 10^6 + 3 \cdot 10^{-1}$).

В настоящее время нет алгоритмических языков программирования, поддерживающих обыкновенные дроби, как тип данных. Однако в большинстве языков высокого уровня существует возможность создания пользовательского типа – широко известны библиотеки подпрограмм, обеспечивающие операции с комплексными числами на языке Pascal.

Числа в формате обыкновенной дроби целесообразно представлять тройками – целая часть, числитель и знаменатель. Такое представление позволяет (хотя и формально) расширить операцию деления – становится допустимым деление на ноль. Еще одно достоинство – возможность введения понятия бесконечно большого числа для ЭВМ. Ранее такие числа представлялись как максимальная граница числовых значений для используемого типа данных.

Применение целочисленной арифметики целесообразно при высокой доле вычислительной погрешности в общей погрешности расчета. В случае реализации на ЭВМ точных методов иногда [2] с помощью изменения порядка действий удастся снизить вычислительную погрешность до приемлемых значений. Использование обыкновенных дробей при реализации приближенного метода должно быть обосновано путем исследования его устойчивости относительно округлений

при вычислениях. Следствием неустойчивости алгоритма является расходимость итерационного процесса в области существования решения задачи. Если для задачи известны такие условия, то указанное следствие может быть критерием применения аппарата обыкновенных дробей.

Литература

1. Боглаев Ю.П. Вычислительная математика и программирование. – М.: Высш. шк., 1990. – 544 с.: ил.
2. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы. – М.: Высш. шк., 1987. – 628 с.

УДК 621.316

ДАСЛЕДАВАННЕ ПЛЯСКІ АДЗІНАРНАГА ПРОВАДУ ПАВЕТРАНЫХ ЛІНІЙ

Я.А. Шапчыц, Д.С. Гаўрылаў, Д.Б. Сяроў, А.А. Дзяругіна

Навуковы кіраўнік П.І. КЛІМКОВІЧ

Пад пляскай разумеюць ваганні правадоў, якія характарызуюцца адносна вялікімі амплітудамі (да значэнняў стралы правеса) і нізкімі частотамі ў дыяпазоне 0,2–1 Гц, якія адпавядаюць чатыром формам уласных ваганняў проваду (паступальнае ў вертыкальнай і гарызантальнай плоскасцях і кручэнне проваду, паступальныя вертыкальныя і круцільныя, паступальныя гарызантальныя і круцільныя, паступальныя вертыкальныя і гарызантальныя).

Пляска правадоў звычайна ўзнікае пры наступных умовах: хуткасць ветру 6 м/с і болей; вугал паміж напрамкам ветра і воссю лініі $\alpha = 45 - 90^\circ$; тэмпература паветра ад 0 да -5°C (70 % выпадкаў) і ад -6 да -15°C (25 % выпадкаў); аднабаковыя галалёдныя адклады з таўшчыняй 3–20 мм; паветраная лінія праходзіць па адкрытай раўніннай ці малаўзгорыстай мясцовасці.

Паколькі пляска провадоў з’яўляецца сур’ёзнай праблемай забеспячэння надзейнай эксплуатацыі ліній электраперадачы, даследаваннем гэтай з’явы займаюцца шматлікія навуковыя і навучальныя ўстановы, так ці інакш звязаныя з электраэнергетыкай, у тым ліку і кафедра “Электрычныя станцыі” Беларускага нацыянальнага тэхнічнага ўніверсітэта.

Даследаванне пляскі правадоў – адзін з чарырох накірункаў навуковай дзейнасці кафедры, супрацоўнікамі якой была распрацавана праграма для разліку на ЭВМ руху проваду падчас пляскі.

У рамках 60-й міжнароднай навукова-даследчай студэнцкай канферэнцыі УТРС намі з дапамогай вышэйадзначанай праграмы было

проведена дослідження вагання сталевалюмінієвого провада АС-90/16 у пралёце даўжыней 100 м пры хуткасці ветру 10 і 15 м/с, з напрамкам ветру пад вуглом да восі наліпання галалёдных адкладаў (вугал атакі) $\varphi = 0 - 359^\circ$.

Былі атрыманы наступныя вынікі:

– пры хуткасці ветра 10 м/с пляска ўзнікала ў дыяпазоне $\varphi_{10} = 77 - 105^\circ$;

– пры хуткасці ветра 15 м/с пляска ўзнікала ў дыяпазоне $\varphi_{15} = 83 - 98^\circ$.

Таксама былі пабудаваны залежнасці амплітуды пляскі, вугла пляскі і цяжэння провада ад вугла атакі.

УДК 699.887.2

ОПАСНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ МОЛНИИ

Е.А. Дерюгина, А.П. Андрукевич, А.Н. Парков

Научный руководитель П.И. КЛИМКОВИЧ

Воздействия молнии подразделяют на две группы: первичные, вызванные прямым ударом молнии, и вторичные, индуцированные близкими ее разрядами или занесенные в объект протяженными металлическими коммуникациями. Опасность прямого удара и вторичных воздействий молнии для зданий и сооружений и находящихся в них людей или животных определяется, с одной стороны, параметрами разряда молнии, а с другой – технологическими и конструктивными характеристиками объекта.

Прямой удар молнии вызывает следующие воздействия на объект:

– электрические, связанные с поражением людей или животных электрическим током и появлением перенапряжений на пораженных элементах;

– термические, связанные с резким выделением теплоты при прямом контакте канала молнии с содержимым объекта и при протекании через объект тока молнии;

– механические, обусловленные ударной волной, распространяющейся от канала молнии, и электродинамическими силами, действующими на проводники с токами молнии.

Вторичные проявления молнии связаны с действием на объект электромагнитного поля близких разрядов. Это поле рассматривают в виде двух составляющих: первая обусловлена перемещением зарядов в лидере и канале молнии (электростатическая индукция), вторая – изменением тока молнии во времени (электромагнитная индукция):

– электростатическая индукция проявляется в виде перенапряжения, возникающего на металлических конструкциях объекта и зависящего от тока молнии, расстояния до места удара и сопротивления заземлителя;

– электромагнитная индукция связана с образованием в металлических контурах ЭДС, пропорциональной крутизне тока молнии и площади, охватываемой контуром.

Еще одним видом опасного воздействия молнии является занос высокого потенциала по вводимым в объект коммуникациям (проводам воздушных линий электропередачи, кабелям, трубопроводам). Он представляет собой перенапряжение, возникающее на коммуникации при прямых и близких ударах молнии и распространяющееся в виде набегающей на объект волны.

УДК 621.315

О ПОСТАНОВКЕ ОДНОЙ ЗАДАЧИ ДВУХКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ УСТАНОВИВШЕГОСЯ РЕЖИМА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

А.П. Томкевич

Научный руководитель О.А. ЯНУШКЕВИЧ, канд. физ.-мат. наук, доцент

Установившийся режим исследуемой трехузловой сети описывается системой уравнений узловых напряжений

$$\begin{cases} \bar{y}_{11} \bar{U}_1 \bar{U}_1 + \bar{y}_{12} \bar{U}_1 \bar{U}_2 = \bar{S}_1; \\ \bar{y}_{21} \bar{U}_2 \bar{U}_1 + \bar{y}_{22} \bar{U}_2 \bar{U}_2 + \bar{y}_{23} \bar{U}_2 \bar{U}_3 = \bar{S}_2; \\ \bar{y}_{32} \bar{U}_3 \bar{U}_2 + \bar{y}_{33} \bar{U}_3 \bar{U}_3 = \bar{S}_3. \end{cases} \quad (1)$$

Задана целевая функция $f = f(f_1, f_2)$ с частными критериями

$$f_1 = f_1(S_1 - S_2(S_1) - S_3(S_1)) \rightarrow \min ,$$

$$f_2 = f_2((U_1 - U_2(S_1)) + (U_2(S_1) - U_3(S_1))) = f_2(U_1 - U_3(S_1)) \rightarrow \min .$$

Задача оптимизации состоит в нахождении множества режимов (а точнее, значений мощности источника S_1) с минимальными потерями мощности в линиях и минимальными падениями напряжения в узлах, с учетом статических характеристик нагрузок (СХН) в узлах 2 и 3 сети и ограничений по допустимым напряжениям в узлах (U_2, U_3). Зависимости $S_2(S_1), S_3(S_1)$ представляют собой преобразованные СХН узлов 2 и 3 с использованием точного решения системы (1) [1]. Напри-

мер, $S_3 = S_3(U_3)$ – СХН третьего узла в обычном виде. Из (1) следует функция $U_3 = U_3(S_1, U_2, U_1)$, что позволяет перейти к характеристике вида $S_3 = S_3(S_1)$. Аналогичные рассуждения справедливы для узла 2.

Для выбора оптимального метода решения поставленной задачи необходимо получить условия эффективности ее решения. Интерес к условиям эффективности обусловлен тем, что они: составляют основу качественных методов исследования, т. е. методов, направленных на описания свойств множества эффективных решений; знание условий позволяет разрабатывать и обосновывать численные методы нахождения эффективных решений; в простых случаях позволяют явно решить задачу.

Литература

1. Томкевич А.П., Янушкевич О.А. Об аналитическом решении системы уравнений установившегося режима радиальной сети // Наука – образованию, производству, экономике. Материалы МНТК. т. 1 / Под ред. Хрусталева Б.М. – Мн.: УП "Технопринт", – 2003. – С. 301–304

УДК 621.311

О РАЗВИТИИ МАЛОЙ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ

Е.А. Дерюгина, А.П. Андрукевич, В.А. Дормаш
Научный руководитель П.И. КЛИМКОВИЧ

В настоящее время гидроэлектростанции являются единственной энергетической технологией, использующей возобновляемые ресурсы, которая получила очень широкое распространение. Гидроэнергетика составляет около 17 % мировых электрогенерирующих мощностей и около 20 % годового производства электроэнергии в мире. Однако, во всем мире, около 70 % гидроэнергетического потенциала, освоение которого экономически целесообразно, остается неиспользованным.

В Республике Беларусь накоплен определенный опыт восстановления и строительства малых ГЭС. Благоприятные природные условия для этого имеются на реках республики, где в ряде мест наличие высоких берегов обуславливают возможность выбора удобных мест для строительства ГЭС без затопления значительных территорий.

Руководящими документами предусматривается проведение работ по проектированию и созданию ГЭС на Западной Двине и Немане. В результате осуществления этой программы будет построена крупнейшая в республике Гродненской ГЭС мощностью 17 МВт.

До 2020 года планируется построить на реках Республики Беларусь 9 гидроэлектростанций общей мощностью 200,4 МВт, а также 8 малых ГЭС общей мощностью 1,83 МВт – на притоках рек и водоемах. Кроме

того, будут восстановлены 7 ранее действующих мини-станций мощностью 1,44 МВт. Впервые в республике планируется построить гидроаккумулирующую станцию мощностью 500 МВт, что даст возможность выравнять график электрической нагрузки в энергосистеме.

Все восстанавливаемые и вновь сооружаемые малые ГЭС должны работать параллельно с энергосистемой, что позволит значительно упростить схемные и конструктивные решения.

Выработка электроэнергии на ГЭС позволяет снизить себестоимость производства электроэнергии, снизить выбросы вредных веществ в атмосферу. Автоматизация ГЭС позволяет снизить затраты на их эксплуатацию и обслуживание.

Основные причины необходимости полнообъемного вовлечения гидроэнергоресурсов в энергетический баланс республики является существенное изменение социально-экономических условий хозяйствования и значительное удорожание импортных энергоресурсов при дефиците собственных, что способствует повышению энергетической безопасности республики.

УДК 621.315

ПРИМЕНЕНИЕ ДИЗЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Е.А. Дерюгина, В.А. Дормаш, А.П. Андрукевич

Научный руководитель П.И. КЛИМКОВИЧ

Энергетика является основой экономики в современном мире. Особо важное значение для развития экономики имеет электроэнергетика, оказывающая огромное воздействие на ускорение прогресса и не только в промышленности, но и во всех других областях жизни общества. Эта роль электрической энергии объясняется универсальностью ее использования, возможностью передачи практически на любые расстояния в очень больших масштабах. Легкость автоматизации процессов при использовании электрической энергии делает ее независимой служебной энергией. Электрическая станция представляет собой промышленное предприятие, на котором производится электрическая, а в некоторых случаях и тепловая энергии на основе преобразования первичных энергоресурсов.

Дизельные электростанции занимают значительное место в электрификации народного хозяйства. Они широко распространены в различных отраслях легкой и тяжелой промышленности, коммунальном и сельском хозяйстве. В районах удаленных от крупных электрических станций или энергетических систем, в небольших городах, на местных

электростанциях в качестве первичных двигателей используются, как правило, дизели. Дизелем называется двигатель внутреннего сгорания, у которого топливо воспламеняется благодаря высокой температуре сжатого воздуха. Широкому распространению дизелей способствует их достаточная надежность, быстрый и безотказный пуск, существенное улучшение их экономичности, достигнутое за последние годы, а также то, что в настоящее время дизели большой и средней мощности могут работать на тяжелом топливе, стоимость которого значительно ниже, чем обычного дизельного топлива.

В стационарной энергетике, дизельные электростанции могут строиться большой мощности не только для покрытия пиковых нагрузок, но и для работы в качестве базисных.

УДК 621.316.925

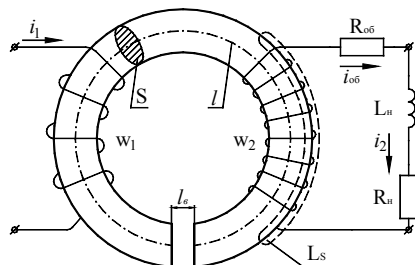
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОДИНОЧНОГО ТРАНСФОРМАТОРА ТОКА

М.А. Недабой

Научный руководитель А.П. ТОМКЕВИЧ

Электромагнитные трансформаторы тока (ТТ) обычного исполнения широко используются в энергосистемах в качестве преобразователей тока для питания измерительных цепей устройств релейной защиты (РЗ). В зависимости от режима работы ТТ и необходимой точности результата исследования процессов в ТТ и токовых цепях устройств РЗ могут быть выполнены расчетными методами и методами моделирования. К первым относятся: аналитические, графические и графоаналитические методы. Ко вторым – физическое и математическое моделирование. Достоинство метода математического моделирования состоит в том, что он позволяет описать реально существующие физические процессы в ТТ и токовых цепях устройств РЗ.

Исходными данными для математической модели являются конструктивные параметры ТТ: сечение стали сердечника (S) и его длина



(l), марка стали сердечника, наличие в сердечнике немагнитного зазора (l_B), количество витков и сопротивления первичной (w_1) и вторичной ($w_2, R_{об}$) обмоток, параметры вторичной нагрузки (R_H, L_H) и закон изменения первичного тока.

Математическое описание ТТ [1] включает зависимость первичного тока i_1 от времени $t(1)$, дифференциальное уравнение равновесия между э.д.с. вторичной обмотки и падениями напряжения в замкнутом контуре вторичной обмотки (2), уравнение м.д.с. в магнитопроводе ТТ (3) и уравнение, аппроксимирующее характеристику намагничивания сердечника (4).

Приведенную модель одиночного ТТ можно использовать в процессе наладки, профилактического контроля и восстановления устройств РЗ посредством испытательной установки реле-томограф; для получения моделей трехфазных групп ТТ, соединенных по различным схемам; оценки погрешности работы ТТ в переходных режимах КЗ; как составную часть комплекса программных средств для выявления короткозамкнутых витков ТТ, посредством снятия его вольтамперной характеристики [2].

$$\left\{ \begin{array}{l} i_1 = \sqrt{2}I_1 \sin(\omega t + \alpha_1) + Ie^{-\frac{t}{T}} + \sqrt{2}I_n \sin(n\omega t + \alpha_n)e^{-\frac{t}{T_n}}; \\ w_2 S \frac{dB}{dt} = R_{o\sigma} i_{o\sigma} + L_S \frac{di_{o\sigma}}{dt} + R_H i_2 + L_H \frac{di_2}{dt}, \quad i_{o\sigma} = i_2; \\ w_1 i_1 - w_2 i_{o\sigma} = IH + \frac{l_B}{\mu_0} B; \\ H = f(B). \end{array} \right.$$

Одним из недостатков рассмотренной модели является наличие в ней индуктивности рассеяния (L_S), учитывающей неравномерность намотки обмотки на магнитопровод [3]. Лишь в случае тороидального сердечника эту величину можно считать близкой к нулю. В остальных случаях величину этого параметра определить достаточно трудоемко. Актуальным является вопрос построения математической модели ТТ без использования индуктивности рассеяния.

Результаты расчетов в значительной степени зависят от качества аппроксимации характеристики намагничивания стали магнитопровода [4]. Желательно применять аппроксимацию, учитывающую гистерезис характеристики намагничивания.

Литература

1. Сопьяник В.Х. Расчет и анализ переходных и установившихся процессов в трансформаторах тока и токовых цепях устройств релейной защиты. – Мн.: БГУ, 2000. – 143 с.
2. Власов А.И., Глушенок Е.А., Радюк В.Л., Сопьяник В.Х. Методика снятия и расчета вольт-амперных характеристик намагничивания трансформаторов тока на основе цифровых технологий // Энергетика... (Изв. ВУЗов). – 2003. – № 5. – С. 5–10.

3. Зихерман М.Х. Об электромагнитном рассеянии обмоток трансформатора // Электричество. – 1983. – № 9. – С. 60–63.

4. Жук Е.М., Сопьяник В.Х. Расчет и анализ на ПЭВМ процессов в трансформаторах тока с учетом их характеристик намагничивания и вторичных нагрузок // Энергетика... (Изв. ВУЗов). – 2001. – № 5. – С. 23–29.

УДК 621.315

ВОПРОСЫ ДИНАМИКИ ГИБКИХ ПРОВОДОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ УСИЛИЙ, ВЕТРА И ГОЛОЛЕДА

Е.А. Дерюгина, А.П. Андрукевич, В.А. Дормаш

Научный руководитель П.И. КЛИМКОВИЧ

Работа посвящена исследованию динамики токоведущих конструкций с гибкими проводами в режиме короткого замыкания (КЗ), а также при воздействии ветра и гололеда.

Динамика гибких проводов при КЗ характеризуется сближением и даже схлестыванием соседних фаз. Второй неблагоприятный фактор электродинамического действия тока КЗ проявляется в виде динамических нагрузок в проводах, гирляндах изоляторов и других элементах распределительного устройства и воздушных линий.

Актуальность проблемы обусловлена непрерывным ростом уровней токов КЗ. В минской зоне белорусской энергосистемы токи КЗ на стороне 110 кВ уже достигли 45 кА. Дальнейший рост уровней токов КЗ ожидается в сетях 330–750 кВ. Проблема динамики гибких проводов особенно актуальна для закрытых распределительных устройств на 110 кВ с уменьшением междуфазных расстояний, сооружение которых в Республике Беларусь приобрело широкий размах.

Исследованию динамики гибких проводов уделяется большое внимание за рубежом.

Более общей по сравнению с проблемой динамики гибких проводов при КЗ является проблема их субколебаний и пляски под воздействием ветра и гололеда. Она актуальна для воздушных линий (ВЛ) различных классов напряжения и снижает надежность их работы.

В настоящее время отсутствует общее решение комплексной проблемы предотвращения пляски проводов, покрытых неравномерным гололедом, под воздействием ветра. Пляска характеризуется большими амплитудами колебаний.

Также существует проблема вибрации гибких проводов токоведущих конструкций. Она актуальна для ВЛ различных классов напряжения и приводит к повышенному износу проводов.

ЦИФРОВЫЕ ЗАЩИТЫ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

Ю.Н. Буревская, А.Ю. Груздев

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

В данной работе рассматриваются цифровые реле защиты кабельных линий на примере реле OPN С.314. Цифровые защиты имеют некоторые преимущества перед аналоговыми: объединение всех функций в одном реле; широкий уровень регулирования уставок при высокой точности; сохранение данных о повреждении для анализа; цифробуквенная индикация уставок, измеряемых величин и др.; постоянный самоконтроль.

Микропроцессорные реле защиты OPN осуществляют функции защиты, измерения, связи, диагностики и автоматического управления для систем среднего напряжения.

В реле OPN имеется следующий набор защит (каждая из этих защит выполнена направленной):

- по фазным токам: максимально-токовая защита или защита от перегрузки с зависимой или независимой характеристикой; отсечка с независимой характеристикой;

- по токам замыкания на землю: максимально-токовая защита или защита от перегрузки с зависимой или независимой характеристикой; отсечка с независимой характеристикой.

Устройство состоит из печатных плат, соединенных между собой плоскими кабелями. Плата трансформаторов обеспечивает гальваническую развязку и преобразует сигналы в форму, пригодную для обработки АЦП. Ток нулевой последовательности является суммой токов I_a, I_b, I_c . Этот ток также может вводиться через отдельный аналоговый вход. До преобразования токовых сигналов используется низкочастотный фильтр. Усилители разных видов обеспечивают широкий диапазон измерения. Для преобразования сигналов в цифровую форму используется 16-разрядный микропроцессор с 10-разрядным АЦП. Частота выборок зависит от частоты сети так, что получается 8 выборок за период. Производительность микропроцессора позволяет производить обработку данных каждые 2,5 мс при частоте сети 50 Гц.

На каждом периоде микропроцессором проверяются условия срабатывания защит: превышение порогов срабатывания по токам фаз и току нулевой последовательности. По определению этого превышения начинается отсчет выдержки времени. Если по истечении этой выдержки повреждение все еще присутствует, реле OPN вырабатывает команду отключения. Функция защиты имеет наивысший приоритет.

В реле через регулярные интервалы времени производится само-тестирование с целью предотвращения любых повреждений аппарату-ры или ошибок в программном обеспечении. Для предотвращения программных зависаний используется сторожевой таймер.

УДК 621.3.066.6

МЕТОД РАСЧЕТА ТОКОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ В ПЛОСКИХ Т-ОБРАЗНЫХ КОНТАКТНЫХ СОЕДИНЕНИЯХ

С.В. Грудина, Т.В. Остроушко

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

При соединении ошиновки и сборных шин, выполненных плоски-ми проводниками, распределительных устройств электроустановок образуются Т-образные контактные соединения. Электромагнитное состояние таких соединений определяется токораспределением в их объеме и описывается известными уравнениями макроскопического электромагнитного поля, которые могут быть сведены к дифференци-альному уравнению второго порядка относительно линейной плотно-сти тока [1, 2]

$$\Delta \dot{J}_{mi}(x, y) - j\omega\gamma\mu \dot{J}_{mi}(x, y) = 0, \quad i = 1, 2, 3, 4,$$

где $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$ (в нашем случае); $\dot{J}_{mi}(x, y)$ – комплексная ампли-

туда линейной плотности тока; x, y – пространственные координаты.

Для проводников 1, 2 и 3 образующих контакт 4 (рисунок 1), при-нимается зависимость токов и их линейных плотностей только от од-ной координаты, а именно $\dot{J}_{m1}(y), \dot{J}_{m2}(y), \dot{J}_{m3}(x)$.

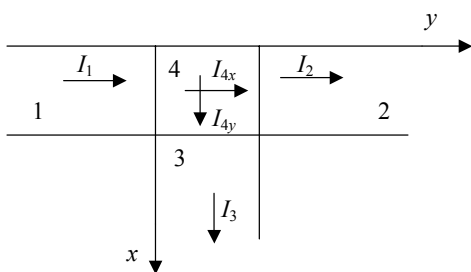


Рисунок 1

Решение уравнения для таких проводников извест-но и позволяет рассчиты-вать токораспределение по ширине полос по величинам протекающих по ним токов.

Законы распределения плотности в проводниках позволяют установить зависимости протекающих по узлу токов от координат $J_{my4}(y)$ и $J_{mx4}(x)$. После их представления рядами Фурье по координатам x и y соответственно, решается уравнение для Т-образного контакта.

На основе решения получены выражения для расчета распределения плотности тока в контактном узле через величины протекающих по проводникам токов.

Литература

1. Поливанов К.М. Теоретические основы электротехники. Ч. 3. Теория электромагнитного поля. – М.: Энергия, 1969. – 352 с.
2. Герасимович А.Н. Техническая электротехника. – Мн.: БГПА, 1997. – 96 с.

УДК 621.311

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА РАЗРЯДНИКОВ БЕЗ ИСКРОВЫХ ПРОМЕЖУТКОВ ДЛЯ СЕТЕЙ 10–35 КВ

Т.Н. Вирковская, А.П. Демкович, В.Е. Дмитриев, В.А. Дормаш

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

Правильный подбор разрядников без искровых промежутков является очень важным, так как имеет решающее влияние на его корректную работу. Не корректный выбор может явиться как причиной выхода из строя разрядника, так и причиной аварии в электроустановке.

Верный выбор ограничителей без искровых промежутков заключается в правильном определении: длительно допустимого рабочего напряжения U_c ; номинального разрядного тока; способности поглощения энергии; устойчивости к короткому замыканию (КЗ).

В первую очередь делается выбор U_c , как наиболее важного параметра ограничителя. Должны быть исполнены два основных условия: 1) U_c должно быть больше сетевого напряжения, которое может одновременно появиться в условиях эксплуатации на зажимах ограничителя; 2) устойчивость к медленно изменяющимся перенапряжениям в сети должна быть выше ожидаемых.

Для ограничителей подключённых между фазой и землёй выбор U_c производится в зависимости от режима работы нейтрали:

– сеть с изолированной или резонансно-заземлённой нейтралью

$$U_c \geq U_m,$$

если КЗ на землю выключается в течение 10 секунд

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

– сеть с эффективно заземлённой нейтралью

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

В воздушных линиях среднего напряжения при отсутствии грозо-защитных 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 поддается сильному гашению. Экстремальные значения разрядного тока в ограничителе могут появиться при попадании молнии в линию поблизости от ограничителя.

Для защиты распределительных трансформаторов в линиях средних напряжений, без проведения четкого анализа системы сети, как общее указание надо принимать: 1) в сетях, в которых расстояния между местами монтажа ограничителей не большие (ниже 5 км), достаточную защиту распределительным трансформаторам обеспечивают ограничители 5 кА; 2) в других случаях нужно применять ограничители 10 кА; 3) в каждом случае ограничители 10 кА обеспечивают высший уровень безотказности и низший уровень защиты.

Способность поглощения энергии всех типов ограничителей GX, независимо от “класса разряда длинной линии”, значительно выше энергии, связанной с зарядом воздушной линии среднего напряжения. В сетях средних напряжений, кроме энергии грозовых 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 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 КЗ ограничителя должен быть выше от ожидаемого значения тока КЗ сети в месте монтажа ограничителя. Выбор требуемого класса устойчивости к КЗ гарантирует, что в случае по-

вреждения ограничителя и протекания через него тока КЗ сети корпус ограничителя не взорвётся.

Правильный выбор ограничителей также позволяет уменьшить воздушные изоляционные промежутки для РУ, защищенных разрядниками, и, сократив габариты РУ, получить значительный экономический эффект.

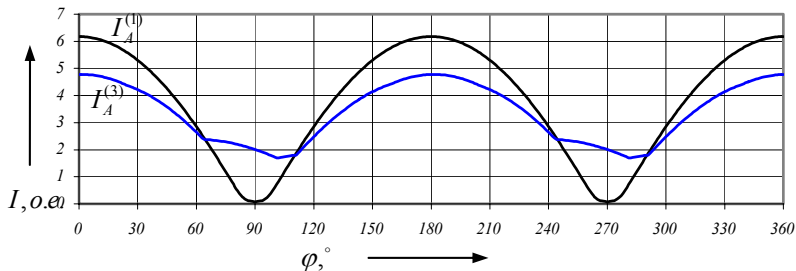
УДК 621.316.925

О ВЕЛИЧИНАХ БРОСКОВ ТОКА НАМАГНИЧИВАНИЯ ПРИ НЕПОЛНОФАЗНОМ ВКЛЮЧЕНИИ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА

А.П. Томкевич

Научный руководитель В.И. НОВАШ, д-р. техн. наук, профессор

Используя математическую модель [1], построенную на базе близкой к реальности физической картины распределения магнитных потоков в элементах магнитопровода и междуобмоточных пространствах, исследовались коммутационные режимы силового трансформатора ТДН-16000/110 со схемой соединения $Y_0/\Delta-11$ при неполнофазном включении (включение фазы А).



На рисунке представлена кривая модулей максимумов броска тока намагничивания (БТН) в фазе А ($I_A^{(1)}$) в зависимости от угла включения. Для сравнения там же изображена аналогичная кривая для трехфазного включения трансформатора — $I_A^{(3)}$. Максимальный по модулю БТН для неполнофазного режима имеет место при углах включения $\varphi_A \approx 0.63^\circ$ и $\varphi_A \approx 180.63^\circ$. Величина тока при этом достигает $I_{A*} = 6.18$ о. е. по отношению к амплитудному значению номинального тока ($I_{ном}$). В случае трехфазного включения максимальный по модулю БТН составляет $4.8 I_{ном}$.

При неблагоприятных моментах включения следующих фаз можно ожидать еще больших значений БТН в фазах В и С, вследствие наложения аperiodических составляющих индукции.

Литература

1. Новаш И.В. Математические модели для исследования коммутационных режимов силовых трансформаторов. // Вестник Белорусского национального технического университета. – 2002. – № 6. – С. 73–78.

УДК 621.316.925

МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ УСТРОЙСТВА SPAC И ИХ СИМУЛЯТОРЫ

А.Г. Шпунтова, С.В. Шипко

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

Микропроцессорное устройство SPAC 801 предназначено для выполнения необходимых функций защиты, автоматизации, управлению и сигнализации энергетических объектов. В устройстве SPAC 801.01. предусмотрены следующие защитные функции:

1. Трёхступенчатая токовая защита. Причём третья ступень может выполняться с независимой или зависимой характеристикой выдержки времени.

2. Двухступенчатая защита от замыканий на землю. В зависимости от конкретных условий применения вторая ступень может выполняться с независимой или обратозависимой характеристикой выдержки времени.

3. Защита от обрыва фаз.

4. Выполнение команд от внешних защит.

Кроме того, устройство обеспечивает и ряд дополнительных функций: местное или дистанционное управление выключателем, регистрацию аварийных параметров, ускорение действия второй ступени токовой защиты; контроль исправности цепей управления выключателя, формирование сигналов УРОВ при отказе выключателя, двукратное АПВ и т. д.

Для приобретения основных навыков работы с устройством в ЧГУ совместно с центром инжиниринга и НИОКР фирмы «АББ Реле-Чебоксары» разработана программно-логическая модель (симулятор). Симулятор представляет собой математическую модель, полностью повторяющую внешний вид и основные функции устройства. Этот симулятор может использоваться для выполнения лабораторных работ по курсам: «Релейная защита и автоматика энергосистем», «Микропроцессорные устройства защиты и автоматика».

Литература

1. Техническое описание и инструкция по эксплуатации 'Комплектное устройство защиты и автоматики линии 6–10 кВ SPAC801-01. – ГЛЦИ.656122.032 ТО. АББ Реле-Чебоксар. – 74 с.

2. Костерин В.А., Шевелев В.С. Программно-логическая модель микропроцессорных устройств защиты линий серии SPAC801-01. Чебоксары, 2000. – 27 с.

УДК 621.316.925

ИДЕЯ АДАПТАЦИИ УСТАВОК ДЛЯ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ НА МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ОСНОВЕ

А.Г. Шпунтова

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

Адаптация уставок означает автоматическое изменение уставок вследствие изменения условий в энергетической системе. Например, переходное сопротивление в месте повреждения часто вызывает неправильные действия в системах защиты. Для решения подобных проблем эта статья предлагает метод расчёта фазового угла α и адаптированного индуктивного сопротивления.

$$\alpha = \text{Arg} \frac{\dot{I}_{K0}}{\dot{I}_A + k \cdot 3 \cdot \dot{I}_0} \approx \text{Arg} \frac{\dot{I}_0}{\dot{I}_A + k \cdot 3 \cdot \dot{I}_0} + \Delta\alpha = \alpha_0 + \Delta\alpha,$$

где \dot{I}_{K0} – ток, протекающий в месте повреждения; $\dot{I}_A + k \cdot 3 \cdot \dot{I}_0$ – ток дистанционного органа.

Здесь угол $\Delta\alpha$ примерно равен разности фаз между полными эквивалентными сопротивлениями нулевой последовательности при возникновении повреждения в конце защищаемой зоны со стороны каждого источника питания, он может быть рассчитан предварительно. В статье изложен один из методов практического расчёта α_0 с использованием измеряемых величин.

Зная угол α , можно определить адаптированное реактивное сопротивление:

$$X_{ad} = X_y + (R_{izm} - R_y) \text{tg} \alpha.$$

Литература

1. M. Kezunovic, Y. Liao, "Fault location estimation based on matching the simulated and recorded waveforms using genetic algorithm", Development in Power System Protection Amsterdam, The Netherlands, April 2001.

2. A.G. Jongepier, L. Vander Sluis, "Adaptive Distance Protection of a Double Circuit Line", IEEE Trans. On Power Delivery, 1994.

3. Z.Q. Bo, G.Weller, M.A. Redfern, "Accurate fault location technique for distribution system using fault-generated high-frequency transient voltage signals", IEE Proc.-Gener. Transm. Distrib. Vol.146, No. 1, January 1999.

УДК 621.316.925.45

КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИСТАНЦИОННЫХ ЗАЩИТ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

В.Л. Рашкевич

Научный руководитель В.И. НОВАШ, д-р техн. наук, профессор

Вычислительный эксперимент проводится для оценки показателей технического совершенства измерительных органов сопротивления в аварийных и послеаварийных режимах линии, на которой установлена дистанционная защита.

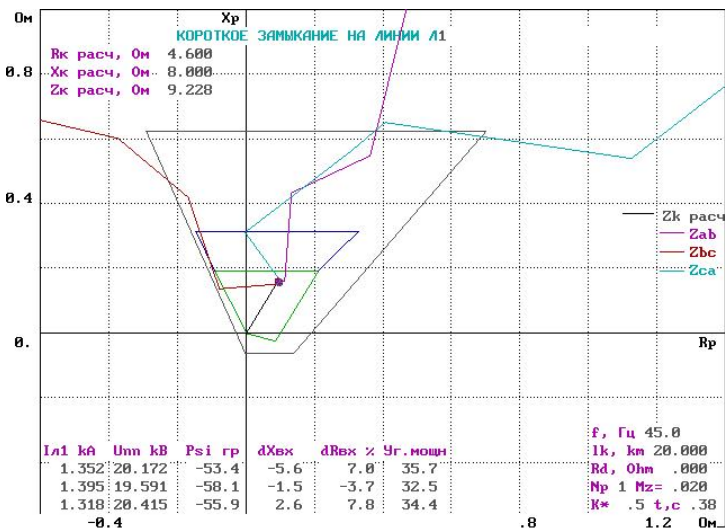
Вычислительный эксперимент реализуется с помощью программы, воспроизводящей нормальный установившийся режим, предшествующий короткому замыканию (КЗ), режим развивающегося КЗ, режим отключения КЗ и послеаварийный режим системы после КЗ. Программа на алгоритмическом языке Фортран состоит из головной программы и ряда подпрограмм. В головной программе вычисляются наиболее часто используемые константы, начальные значения некоторых переменных, реализуется временная последовательность исследуемых режимов и укрупненный алгоритм решения дифференциальных уравнений. Подпрограммы реализуют алгоритмы ввода исходных данных, расчета исходного режима и начальных условий, решения алгебраических уравнений, вычисления правых частей дифференциальных уравнений, изменения режимов, вывода результатов с их графическим и численным представлением на экране дисплея.

Решение дифференциальных уравнений выполняется с шагом, обеспечивающим устойчивость и точность решения с сохранением 3–4 правильных значащих цифр результатов на интервале времени до 1–2 с, т. е. порядка 50–100 мкс. Это позволяет принять для решения метод Рунге-Кутты 2-го порядка с определением неинтегрируемых переменных на втором этапе путем экстраполяции. Системы алгебраических уравнений узла сети решаются итерационным методом с уточнением очередных приближений по формуле Вегстейна, обеспечивающим быстроту решения и сходимост ь итерационного процесса. Линейная часть системы алгебраических уравнений сводится к девяти уравнениям, решаемым с помощью библиотечной подпрограммы.

Исходными данными для расчета указанных режимов наряду с параметрами схем являются параметры предшествующего установившегося режима, признаки вида и места КЗ, времена возникновения КЗ, переходов развивающегося КЗ из одного вида в другой, момента начала режима отключения КЗ, момента окончания послеаварийного режима.

Состав и форма представления результатов расчета задаются кодами, содержащимися в исходных данных. В режимах проверки работоспособности программы, правильности задания исходных данных, выбора варианта расчета наиболее характерные параметры режима сети выдаются на экран дисплея в темпе расчета в виде осциллограмм, а также записываются во внешний файл в численном виде с повышенной разрядностью – до шести-семи значащих цифр.

Оценка основных показателей технического совершенства ИО производится визуально по положению точки конца вектора входного сопротивления относительно графического изображения характеристики соответствующей ступени защиты на экране дисплея. Количественная оценка некоторых показателей осуществляется по численным величинам активной и реактивной составляющих вектора входного сопротивления, их отклонениям от расчетных значений, полученных в соответствии с известными нормативными документами и литературными источниками. На рисунке представлены траектории векторов входных сопротивлений защищаемой линии 110 кВ при развивающемся металлическом КЗ фаз АВ–С в конце первой ступени защиты.



Расчет режима длительностью 0,5–1 с на современных ПЭВМ требует не более 1 минуты машинного времени.

Литература

1. Информационное и математическое обеспечение вычислительного эксперимента в исследовании цифровых измерительных органов дистанционных защит линий 6–10–35 кВ. / Ф.А. Романюк, Н.Н. Бобко, Е.В. Глинский и др. // Энергетика ... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2001. – № 2. – С. 3–11.

УДК 621.316.35

ПАРАМЕТРЫ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ В МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЯХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА РАСЧЕТА САМОЗАПУСКА МЕХАНИЗМОВ СОБСТВЕННЫХ НУЖД ТЭС

О.А. Гурьянчик

Научный руководитель В.И. НОВАШ, д-р техн. наук, профессор

В каталогах и справочной литературе конкретный тип двигателя характеризуется следующими параметрами: номинальным напряжением U_n , номинальной мощностью P_n , номинальной частотой вращения n_n , номинальным коэффициентом полезного действия η_n , номинальным коэффициентом мощности $\cos\varphi_n$, пусковым током $I_{п*}$, пусковым моментом $M_{п*}$, максимальным моментом M_{max*} .

В математических моделях [1] двигатель представляется параметрами, отсутствующими в каталогах и справочной литературе. Это так называемые модельные параметры, являющиеся параметрами известных Т-образных схем замещения контуров электродвигателя, которые могут быть определены из соотношений, вытекающих из данных схем для режима номинальной нагрузки, режима в начальный момент пуска, режима при максимальном вращающем моменте.

Таковыми параметрами двигателя являются: R_a – активное сопротивление обмотки статора; R_{r*} – активное сопротивление ротора; $x_{\sigma a*}$, $x_{\sigma r*}$ – индуктивные сопротивления рассеяния контуров статора и ротора; x_{ad*} – индуктивное сопротивление ветви намагничивания. Активная составляющая сопротивлений ветви намагничивания в расчетах обычно не учитывается.

Определение параметров двигателей выполняется следующим образом. Рассчитывается номинальное скольжение

$$s_H = 1 - \frac{n_H P}{3000}.$$

Активное сопротивление в о. е. принимается равным номинальному скольжению $R_{a^*} = s_H$ в том случае, если оно не задано. Индуктивность рассеяния обмотки статора находится по выражению

$$x_{\sigma a^*} = 0,5 / I_{п^*}.$$

В связи с учетом потерь в ветви намагничивания пересчитываются номинальные значения КПД и коэффициента мощности:

$$\eta'_H = 1 - \frac{R_{a^*}}{\cos \varphi_H} - \frac{\eta_H s_H}{1 - s_H}; \quad \cos \varphi'_H = \frac{\eta_H \cos \varphi_H}{\eta'_H}.$$

Определяются активная и индуктивная составляющие входного сопротивления двигателя в номинальном режиме ($s = s_H$) и в момент пуска ($s = 1$):

$$R_{вХН} = \cos \varphi'_H; \quad x_{вХН} = \sin \varphi'_H;$$

$$R_{вХП} = R_a + \frac{M_{п^*} \eta'_H \cos \varphi'_H}{(1 - s_H) I_{п^*}^2}; \quad x_{вХП} = \sqrt{\left(\frac{1}{I_{п^*}}\right)^2 - R_{вХП}^2}.$$

Здесь и далее все величины выражены в относительных единицах.

Определяется приближенное значение индуктивного сопротивления ветви намагничивания

$$x_{ad} = \frac{1}{x_{вХН} - R_{вХН} \left(M_M^2 - \sqrt{M_M^2 - 1} \right)}.$$

Вычисляются активные сопротивления и индуктивные сопротивления рассеяния ротора в номинальном режиме и в момент пуска:

$$R_{rH} = \frac{(R_{вХН} - R_a) x_{ad}^2}{(R_{вХН} - R_a)^2 + (x_{ad} - x_{вХН} + x_{\sigma a})^2} s_H;$$

$$x_{\sigma rH} = \frac{(x_{вХН} - x_{\sigma a})(x_{ad} - x_{вХН} + x_{\sigma a}) - (R_{вХН} - R_a)^2}{(R_{вХН} - R_a)^2 + (x_{ad} - x_{вХН} + x_{\sigma a})^2} x_{ad};$$

$$R_{rП} = \frac{(R_{вХП} - R_a) x_{ad}^2}{(R_{вХП} - R_a)^2 + (x_{ad} - x_{вХП} + x_{\sigma a})^2} s_H;$$

$$x_{\sigma rП} = \frac{(x_{вХП} - x_{\sigma a})(x_{ad} - x_{вХП} + x_{\sigma a}) - (R_{вХП} - R_a)^2}{(R_{вХП} - R_a)^2 + (x_{ad} - x_{вХП} + x_{\sigma a})^2} x_{ad}.$$

Активное сопротивление и индуктивное сопротивление рассеяния ротора зависят от скольжения:

$$R_{r*} = R_{r0*}(a_R + b_R K_R); \quad x_{\sigma r*} = x_{\sigma r0*}(a_x + b_x K_x).$$

где R_{r0*} , $x_{\sigma r0*}$ – активное сопротивление и индуктивное сопротивление рассеяния контуров ротора при $s = 0$; a_R , b_R , a_x , b_x – коэффициенты, определяющие части сопротивлений R_{r*} , $x_{\sigma r*}$, зависящие и не зависящие от скольжения; $K_R = f_R(s)$, $K_x = f_x(s)$ – функции, учитывающие изменение сопротивлений контуров ротора из-за вытеснения тока при различных скольжениях:

$$b_R = \frac{R_{r\pi} - R_{rH}}{R_{rH}(K_{R\pi} - 1) - R_{r\pi}(K_{RH} - 1)}; \quad b_x = \frac{x_{\sigma r\pi} - x_{\sigma rH}}{x_{\sigma rH}(K_{x\pi} - 1) - x_{\sigma r\pi}(K_{xH} - 1)};$$

$$a_R = 1 - b_R; \quad a_x = 1 - b_x;$$

$$R_{r0} = \frac{R_{r\pi}}{(1 + b_R)(K_{R\pi} - 1)}; \quad x_{\sigma r0} = \frac{x_{\sigma r\pi}}{(1 + b_x)(K_{x\pi} - 1)}.$$

Критическое скольжение

$$s_{кр} = \frac{M_M + \sqrt{M_M^2 - 1}}{1 - (M_M - 1)C},$$

где

$$C = \frac{2R_a s_H}{R_{rH} \left(1 + \frac{x_{\sigma a}}{x_{ad}} \right)}.$$

Электромагнитный момент при $s = s_{кр}$:

$$M_{кр} = I_{дкр}^2 \frac{g_{rкр}}{y^2} \frac{1 - s_H}{\eta'_H \cos \phi'_H}; \quad I_{дкр} = \frac{1}{\sqrt{R_{вхкр}^2 - x_{вхкр}^2}}.$$

Сопротивления и проводимости ротора при $s = s_{кр}$:

$$R_{rкр} = R_{r0}(a_R + b_R K_{Rкр}); \quad x_{\sigma rкр} = x_{\sigma r0}(a_x + b_x K_{xкр});$$

$$g_{rкр} = \frac{R_{rкр}}{s_{кр} y_{rкр}^2}; \quad b_{rкр} = \frac{x_{\sigma rкр}}{y_{rкр}^2}; \quad y_{rкр}^2 = \left(\frac{R_{rкр}}{s_{кр}} \right)^2 + x_{\sigma rкр}^2.$$

Входные сопротивления двигателя при $s = s_{кр}$:

$$R_{вхкр} = R_a + g_{rкр} / y^2; \quad x_{вхкр} = x_{\sigma a} + b_{rm} / y^2;$$

$$b_{rm} = b_{rкр} + 1 / x_{ad}; \quad y^2 = g_{rкр}^2 + b_{rm}^2.$$

Приведенная выше методика нахождения параметров асинхронных электродвигателей используется в расчетах группового выбега.

Литература

1. Новаш В.И., Миначев Р.Ф. Об индивидуальном учете вытеснения токов ротора при расчетах группового самозапуска асинхронных электродвигателей собственных нужд ТЭС // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2003. – № 6. – С. 22–27.

УДК 621.316.35

АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ ЗАРУБЕЖНЫХ ФИРМ ИХ ВЫБОР В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКОВ ОПЕРАТИВНОГО ТОКА ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

И.В. Бабей, Н.В. Бохан, И.М. Михайлов

Научный руководитель В.Н. МАЗУРКЕВИЧ, канд. техн. наук, доцент

В настоящее время аккумуляторные батареи отечественного производства по своим характеристикам значительно уступают батареям зарубежного производства. В связи с этим возникает необходимость выбора аккумуляторных батарей зарубежных производителей как при проектировании электростанций и подстанций, так и для замены отслуживших свой срок службы аккумуляторных батарей типа СК и СН.

В работе были рассмотрены аккумуляторные батареи фирм VARTA, POWERSAFE, SONNENSHEIN, HOPPECKE, CHORIDE, которые представлены к выбору на нашем рынке.

В зависимости от типа используемых в качестве электродов пластин (поверхностные (+), трубчатые (+), решетчатые намазные (+, –), стержневые (+) пластины), аккумуляторные батареи имеют различные характеристики, важнейшими из которых являются: емкость, внутреннее сопротивление, ток разряда и габариты.

Таблица 1 – Рекомендуемые режимы работы для различных типов аккумуляторных батарей

Русская классификация	Зарубежная классификация	Рекомендуемый режим работы
С	GroE	Долговременный разряд, буферный режим
СК	GroE-H	Кратковременный разряд, высокая токоотдача, малая цикличность
ССАП	OPzS	Долговременный разряд, стационарный
ТСАП	PzS	Долговременный разряд, тяговый
СНУ	Ogi (Vb)	Долговременный разряд, буферный режим (в стартерном режиме служит 3–5 лет)
–	VA, VB, VH	Универсального применения, герметизированные

Рекомендуется установка герметизированных в связи с меньшими эксплуатационными издержками, надежностью и безопасностью.

На основании опыта эксплуатации импортных аккумуляторных батарей на объектах РБ рекомендуется их установка на ЭС и ПС.

Литература

1. Методические указания по выбору аккумуляторных батарей на объектах энергетики РБ, Белэнергосетьпроект, Минск 1997.

2. Электрическая часть станций и подстанций. Под ред. А.А. Васильева, М.: Энергия, 1980.

УДК 621.315

УПРОЩЕННЫЙ РАСЧЕТ МАКСИМАЛЬНЫХ СБЛИЖЕНИЙ ПРОВОДОВ ПРИ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЯХ

Е.Г. Пономаренко

Научный руководитель И.И. СЕРГЕЙ, д-р техн. наук, доцент

Упрощенные методы расчета сближения проводов при коротких замыканиях (КЗ) характеризуются небольшим объемом вычислительных операций и доступностью его применения широким кругом специалистов. Поэтому они рекомендуются для использования в первую очередь. В настоящее время достаточно подробно описаны две методики упрощенного расчета сближения проводов при КЗ: методика, предложенная СИГРЭ и МЭК, и разработанная в МЭИ (ТУ) (г. Москва). Обе методики базируются на расчетной модели провода в виде физического маятника и дифференциальном принципе решения задачи. Они требуют решения дифференциального уравнения движения маятника под действием электродинамических усилий от токов КЗ, которое является нелинейным. При этом вводится ряд допущений для их решения, что ограничивает область их применения на практике.

Излагается упрощенный метод расчета динамики проводов при КЗ, использующий интегральный и энергетический принципы механики. Отказ от дифференциального принципа уменьшает количество принимаемых допущений и делает метод более универсальным. Выполненная модификация полученных явных формул с помощью компьютерной программы (КП) BUSEF уменьшает погрешности, обусловленные несовершенством расчетной модели провода в виде физического маятника. Из уравнения баланса кинетической и потенциальной энергий при КЗ для провода получена формула для определения максимального горизонтального отклонения средней точки провода (y_{\max}) под

действием электродинамических усилий (ЭДУ). Указанную формулу запишем в виде

$$y_{\max} = \sqrt{h(2f_0 - h)}, \quad (1)$$

где f_0 – стрела провеса провода; h – максимальная высота подъема средней точки провода.

Высота подъема h определяется по импульсу ЭДУ:

$$h = 0,092 \left(\frac{S^{(2)}}{\rho l} \right)^2,$$

где $S^{(2)}$ – импульс двухфазного КЗ, определяемый по выражению

$$S^{(2)} = 0,2I^2 \frac{l}{a} (t_k + T_a),$$

ρ – приведенная масса провода; l – длина пролета; t_k – продолжительность КЗ; T_a – постоянная времени цепи КЗ; I – начальный периодический ток двухфазного КЗ; a – междуфазное расстояние.

Приведенная масса 1 метра провода определяется с учетом гирлянд изоляторов и спусков. Формула (1) дает решение задачи определения максимальных отклонений горизонтально расположенных проводов ОРУ с учетом конструктивных элементов.

Однако, в формуле (1) не учитывается увеличение y_{\max} , обусловленное изменением формы кривой провисания провода с гирляндами изоляторов и его деформацию, что вносит погрешность в расчет. Для уменьшения указанной погрешности выполнена модификация формулы (1) с помощью КП. Сравнение результатов компьютерного и упрощенного расчета показало, что в зависимости от f_0 % погрешности могут достигать 30 % и более. Основное влияние на расхождение результатов, как и ожидалось, оказывает изменение кривой провисания провода с гирляндами изоляторов при КЗ, что приводит к увеличению $y_{\max КП}$, найденных по КП, по сравнению с y_{\max} , найденным по формуле (1). Для повышения точности расчета в формулу (1) вводится поправочный коэффициент k_ϕ , учитывающий изменение формы кривой, провисания проводов вместе с гирляндами изоляторов при КЗ

$$k_\phi = \frac{y_{\max КП}}{y_{\max}}.$$

С помощью k_ϕ производится корректировка условия проверки гибких шин РУ на схлестывание

$$A_{\phi-\phi} - 2(k_{\phi}k_y y_{\max} + r_p) \geq A_{\phi-\phi \min \text{ доп}},$$

где $A_{\phi-\phi}$, $A_{\phi-\phi \min \text{ доп}}$ – соответственно установленные ПУЭ и проектными материалами расстояние между фазами и его минимальное допустимое значение при сближении проводов по рабочему напряжению; r_p – радиус провода или расщепленной фазы; $k_y = \frac{y_{2 \max}}{y_{1 \max}}$ – ко-

эффициент уменьшения максимальных отклонений при сближении проводов, величина которого определяется по КП.

УДК 621.18.681.142.352.2

РАСЧЕТ РАСХОДНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРЯМОТОЧНОГО ПАРОГЕНЕРАТОРА

В.В. Солодухин, Ю.С. Шаховский, Э.Н. Шуманов

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

Создание мощных энергетических объединений остро ставит вопрос о максимальной экономичности их работы. Важную роль для достижения указанной цели играют автоматизированные системы управления станциями. В настоящее время разработан ряд методов по оптимизации режимов работы оборудования, базирующихся на знании его энергетических характеристик, которые не соответствуют действительному состоянию оборудования на момент оптимизации режима.

В данной работе для получения алгоритма расчета расходной характеристики прямоточного парогенератора использовался метод полного дифференциала функции многих переменных в приближенных вычислениях. Алгоритм позволяет определять характеристику агрегата по его режимным показателям, соответствующим эксплуатационному состоянию.

По данному методу расходная характеристика парогенератора разбивается на две составляющие:

$$B = B_1(D_{ne}, \Pi_i^0) + B_2(D_{ne}, \Delta \Pi_i),$$

где B_1 – расход топлива при оптимальных значениях режимных параметров, зависящий только от паровой нагрузки агрегата и в рабочем диапазоне нагрузок изменяющийся по линейному закону при постоян-

ной частоте вращения дутьевых вентиляторов; $B_2 = \sum_{i=1}^n \frac{\partial B}{\partial \Pi_i} \Delta \Pi_i$ – составляющая расхода топлива, зависящая от состояния агрегата, опре-

деляемая по отклонениям параметров от оптимальных значений и паровой нагрузке.

Для определения первой составляющей расходной характеристики и частных производных использовалось выражение

$$B = \frac{Q_1}{\left(1 - \sum_{i=2}^5 q_i\right) Q_n^p},$$

где Q_1 – тепло топлива, полезно используемое котельной установкой;

Q_n^p – низшая теплотворная способность топлива на рабочую массу;

$\sum_{i=2}^5 q_i$ – относительная величина потерь.

Полученный алгоритм позволяет рассчитывать расходную характеристику парогенератора по режимным параметрам в ходе эксплуатации. Сопоставляя расчетную и опытную характеристики, было установлено, что различие между ними не превышает 0,3 %.

УДК 621.316.925

ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ РАБОТА АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ И ЗАРЯДНО-ПОДЗАРЯДНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ АГРЕГАТОВ

Н.И. Гриневецкая, А.А. Смотрицкий, К.Э. Корсак, М.В. Лесничий
Научный руководитель **Н.Н. БОБКОВ**, доцент

Расчёт тока КЗ является актуальной задачей, т. к. оборудование установленное на электростанциях, стареет и изнашивается. Особенно это касается АБ и зарядно-подзарядных устройств.

С 1992 года в РФ действует ГОСТ 29176-91 «Короткие замыкания в электроустановках. Методика расчёта в электроустановках постоянного тока», который учитывает:

- спад во времени тока КЗ отдаваемого АБ;
- влияние сопротивления дуги в месте замыкания на чувствительность защитных аппаратов в сети постоянного оперативного тока;
- изменение сопротивления кабелей от температуры;
- подпитку места замыкания от электромашинных агрегатов, а также от двигателей постоянного тока.

В проведенной работе были рассмотрены все указанные пункты действующего ГОСТа.

В соответствии с [1], ток КЗ рассчитывается по выражению:

$$I_{pt} = \sum_{h=1}^{\infty} \frac{nE_0 e^{-\left(\frac{4D}{l^2}\right)x_h^2 t}}{0,5 \left(\frac{n}{m} R_{\%о\sim} + R_{\%отц} \right) + 0,25 \frac{el}{\sin^2 x_h}}$$

Литература

1. Методические указания по расчету токов КЗ и выбору коммутационных аппаратов в сети постоянного тока.

УДК 621.316

ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦИФРОВОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ОРГАНА СОПРОТИВЛЕНИЯ, ОСНОВАННОГО НА МОДЕЛИ ЛЭП БЕЗ ПОПЕРЕЧНЫХ СВЯЗЕЙ

Е.В. Булойчик, Д.И. Курьянович

Научный руководитель В.И. НОВАШ, д-р техн. наук, профессор

Целью данной работы являлось исследование влияния отклонения частоты от номинального значения на погрешности определения сопротивлений защищаемого объекта измерительным органом сопротивления (ИОС), основанным на математической модели ЛЭП в виде дифференциального уравнения

$$u = R + L \cdot \frac{di}{dt} = R \cdot i + L \cdot i'$$

Для определения R , L с использованием u , i и i' необходимы два сочетания этих величин в моменты времени t_1 и t_2 .

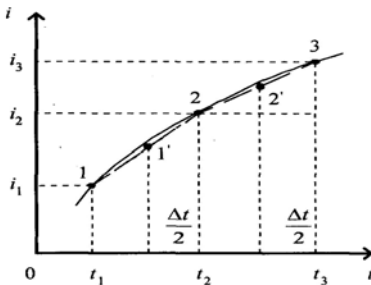


Рисунок 1 – Пояснение к определению производных тока

Для более точного вычисления производной тока ее следует относить к середине интервала Δt и иметь три выборки тока (рисунок 1). К серединам интервалов следует относить также и значения тока и напряжения.

В результате для R и $X = \omega \cdot L$ в конечном итоге приобретают вид

$$R_{ex} = \frac{(u_1 + u_2)(i_3 - i_2) - (u_2 + u_3)(i_2 - i_1)}{(i_1 + i_2)(i_3 - i_2) - (i_2 + i_3)(i_2 - i_1)}$$

$$X_{\text{ex}} = \frac{(u_2 + u_3)(i_1 + i_2) - (u_1 + u_2)(i_2 + i_3)}{(i_1 + i_2)(i_3 - i_2) - (i_2 + i_3)(i_2 - i_1)} \cdot \frac{\Delta t}{2} \cdot \omega_0,$$

где $\omega_0 = 2 \cdot \pi \cdot 50$ – номинальное значение угловой частоты

Исследования частотных свойств цифровых ИОС выполнялось методом вычислительного эксперимента на ПЭВМ по комплексной математической модели узла электрической сети и соответствующей программе ALNZ, воспроизводящей режимы узла сети и алгоритм функционирования ИО.

В результате исследований было выяснено, что алгоритм трех выборок практически нечувствителен к отклонениям частоты, которые могут иметь место в установившихся режимах. Погрешности входных сопротивлений при металлических КЗ и отсутствии подпитки смежного участка не превышают $\pm 3-5\%$, длительность установления результата после возникновения короткого замыкания 1–2 периода промышленной частоты.

Частотно-независимые алгоритмы определения входного сопротивления линий 6–10–35 кВ, основанных на цифровой фильтрации входных токов и напряжений представляют интерес для дальнейшей разработки и исследований.

Литература

1. Шнеерсон Э.М. Дистанционные защиты. М.: Энергоатомиздат, 1986.
2. Новаш В.И., Шмыгин В.В. Частотные свойства алгоритмов функционирования ИОС цифровых дистанционных защит ЛЭП. //Энергетика... (Известия высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). 2004. – № 5. – С. 15–23.
3. Теоретические основы и исследования алгоритмов функционирования измерительных органов цифровых дистанционных защит распределительных сетей электроэнергетических систем. Отчет о НИР БГПА по теме ГБ-00-81, № гос. регистрации 2000707, Минск, 2000.

УДК 621.319.53

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА И ПРОГРАММЫ РАСЧЕТА ГЕНЕРАТОРА ИМПУЛЬСНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

П.В. Кириченко, С.А. Ясинский, А.И. Полховский, Е.Б. Круничович
Научный руководитель В.А. БУЛАТ, канд. техн. наук, доцент

Высокие импульсные напряжения могут быть получены путем использования нескольких конденсаторов, которые сначала соединяются параллельно и заряжаются от выпрямителей установки до одного и

того же напряжения, а затем соединяются последовательно, так что их напряжения складываются. Автоматическое и достаточно быстрее переключение соединений на последовательное осуществляется искровым разрядником. В простейшем виде схема такого генератора импульсных напряжений (ГИН) приводится в [1].

Для простоты понимания и составления программы, процесс формирования импульса напряжения на выходе ГИН можно представить, рассмотрев упрощённую схему замещения разрядной цепи, изображенной на рисунке 1.

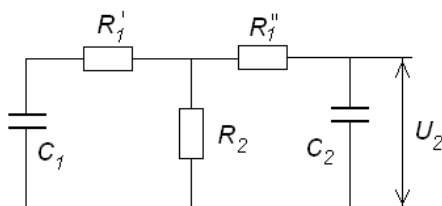


Рисунок 1 – Схема замещения разрядной цепи

В этой схеме C_1 – емкость всех n последовательно соединенных конденсаторов C

$$C_1 = \frac{C}{n}.$$

Она заряжена до напряжения U_1

$$U_1 = nU_0.$$

Сопротивление R_1' приближенно равно сумме демпферных сопротивлений R_0

$$R_1' \approx R_0(n-1).$$

Сопротивление R_1'' приблизительно равно фронтовому сопротивлению $R_1'' \approx R_\phi$, а сопротивление R_2 определяется по формуле:

$$R_2 \approx \frac{1}{\frac{1}{R_p} + \frac{2}{nR_3}},$$

где R_p – разрядное сопротивление; R_3 – зарядное сопротивление.

Емкость C_2 представляет собой сумму емкости объекта испытаний $C_{об}$ и фронтовой емкости C_ϕ

$$C_2 = C_{об} + C_\phi.$$

В основу алгоритма расчёта ГИН положены уравнения описанные в [1, 2].

В разработанной программе построение графика изменения U_2 на емкости C_2 происходит в цикле при изменении времени t от нуля до значения задаваемого пользователем с определенным шагом.

В результате расчёта можно получить графики изменения напряжения U_2 , а также максимальное значение $U_2(U_{\max})$ и время достижения максимального значения напряжения в зависимости от параметров схемы замещения.

Разработанная программа написана на языке “Turbo Pascal” и позволяет производить расчеты ГИН используя ЭВМ при выполнении лабораторных работ по дисциплине «Техника высоких напряжений», а также при других исследованиях ГИН.

Литература

1. Разевиг Д. В. Техника высоких напряжений. – М., 1976.
2. Лабораторные работы по курсу “Техника высоких напряжений”. М.А. Аронов, В.В. Базуткин, П.В. Барисоглебский и др. М., 1982.

УДК.621.316.925

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ В ПРОЕКТИРОВАНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЦИФРОВЫХ ДИСТАНЦИОННЫХ ЗАЩИТ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

В.В. Шмыгин

Научный руководитель В.И. НОВАШ, д-р техн. наук, профессор

Дистанционными называются защиты с относительной селективностью, выполняемые с использованием измерительных органов сопротивления – органов, характеристической величиной для которых является заданная функция выраженных в комплексной форме отношений воздействующих напряжений к воздействующим токам.

Алгоритм функционирования цифрового измерительного органа – это последовательность операций с цифровыми входными сигналами, обеспечивающая определение интегральных параметров соответствующих аналоговых сигналов и (или) оценку их соответствия некоторым заданным условиям (условиям срабатывания), выдаваемую в виде одноразрядного двоичного числа. Алгоритмы функционирования цифрового измерительного органа дистанционных защит по способу выполнения требования на срабатывание могут быть развиты на два

класса: класс 1 – алгоритмы с явным определением вектора входного сопротивления линии; класс 2 – алгоритмы с выявлением факта попадания или непопадания вектора в область срабатывания по косвенным признакам. В настоящее время широко применяются следующие алгоритмы: алгоритмы на основе выборок мгновенных значений величин и их производных в предположении синусоидальности форм сигналов; алгоритмы вычисления параметров RL -цепи, не зависящих от формы входного сигнала; алгоритмы вычисления ортогональных составляющих векторов.

Вычислительный эксперимент является наиболее мощным средством анализа, позволяющим провести комплексное исследование поведения устройств РЗА в конкретных условиях при разнообразных видах повреждений в энергосистеме. Этот метод позволяет с достаточной степенью точности оценить влияние переходных сопротивлений в месте повреждения, также подпиток на ток КЗ, от смежных источников. Сущность его состоит в воспроизведении физических процессов, происходящих в моделируемых объектах на основе комплексных математических моделей. Комплексная математическая модель РЗ содержит несколько замкнутых систем алгебраических и дифференциальных уравнений: уравнения защищаемого объекта, измерительных ТТ и ТН, устройств РЗ.

Вычислительный эксперимент является эффективным средством оптимизации параметров и алгоритмов функционирования новых устройств РЗА на этапе их разработки и проектирования, его использование сокращает сроки и стоимость процесса отладки.

УДК 621.316.925

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОГРЕШНОСТИ КОРРЕКЦИИ ИНТЕРВАЛА ДИСКРЕТИЗАЦИИ НА ЧАСТОТНЫЕ СВОЙСТВА КВАЗИЧАСТОТНО-НЕЗАВИСИМЫХ АЛГОРИТМОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ СОПРОТИВЛЕНИЯ

А.В. Рождественский, В.В. Шмыгин

Научный руководитель В.И. НОВАШ, д-р техн. наук, профессор

Измерительный орган (ИО) сопротивления в цифровых устройствах релейной защиты – структурный блок в алгоритме (программе) функционирования защиты, вырабатывающий сигнал о положении вектора сопротивления защищаемого объекта на его выходе (входное сопротивление) относительно области срабатывания. В современных

дистанционных защитах ИО сопротивления вырабатывает также величины активной и реактивной составляющих входного сопротивления, позволяющие определить расстояние до места короткого замыкания (КЗ).

Информацией для работы ИО сопротивления являются цифровые последовательности выборок мгновенных значений тока и напряжения на входе защиты. Алгоритмы функционирования ИО сопротивления различаются вариантами математических операций с выборками мгновенных значений. Алгоритм "двух выборок", основанный на использовании двух смежных выборок тока и напряжения защищаемого объекта, алгоритм "ортогональных составляющих", использующий выборки мгновенных значений тока и напряжения на протяжении периода их изменения, содержит в качестве одного из информационных параметров длительность интервала времени между смежными выборками Δt – интервал дискретизации. В этих алгоритмах при $\Delta t = const$ входные сопротивления получаются зависимыми от частоты сигналов.

Частотная независимость результатов определения входных сопротивлений обеспечивается коррекцией интервала дискретизации. Реактивные составляющие входных сопротивлений при наличии коррекции определяются величинами, соответствующими значениям частоты, т. е. заниженными при $f < 50$ Гц и завышенными при $f > 50$ Гц. Пересчет реактивных сопротивлений к частоте 50 Гц можно ввести в алгоритм функционирования ИО и таким образом сделать его частотнонезависимым. В дальнейшем такие алгоритмы называются квазичастотнонезависимыми (от quasi – как бы, почти) – КЧНЗ алгоритмами.

Алгоритм "трех выборок", основанный на математической модели линии в виде дифференциального уравнения мгновенных значений, является практически частотнонезависимым. Погрешности входных сопротивлений линии без поперечных связей в установившихся режимах КЗ с частотами 45–55 Гц не превышает 1–2 %.

Исследование влияния ошибки частотной коррекции интервала дискретизации проводилось с использованием варианта компьютерной программы, описанной в [1].

В результате проведения ряда вычислительных экспериментов было установлено, что

– алгоритм ортогональных составляющих и двух выборок при погрешностях частотной коррекции интервала дискретизации входных сигналов, не превышающих 2–3 %, являются практически частотнонезависимыми. Погрешности определения входных сопротивлений при этом не выходят за пределы, считающиеся допустимыми при расчете параметров срабатывания дистанционных защит;

– алгоритм определения входных сопротивлений ИО сопротивления, основанный на математической модели линии с LR параметрами, является практически частотнонезависимыми может использоваться без частотной коррекции интервала дискретизации. Такая коррекция может предусматриваться, если в алгоритме предусмотрен расчет токов защищаемого объекта.

Литература

1. Информационное и математическое обеспечение вычислительного эксперимента в исследовании цифровых измерительных органов дистанционных защит линий 6–10–35 кВ./ Ф.А. Романюк, Н.Н. Бобко, Е.В. Глинский и др. // Энергетика... (Изв. высш. учебн. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2001. – № 2. – С. 3–11.

УДК 621.316.925

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК АДАПТИВНЫХ ФОРМИРОВАТЕЛЕЙ ОРТОГОНАЛЬНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ ЗАЩИТ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

А.В. Рождественский

Научный руководитель Ф.А. РОМАНЮК, д-р техн. наук, профессор

Входные сигналы микропроцессорных защит электроустановок могут быть представлены параметрами векторов, такими как амплитуды и фазы, а также эквивалентными им ортогональными составляющими (ОС). Адаптивные формирователи ОС входных сигналов содержат необходимую последовательность операций с отсчетами их мгновенных значений, которые выполняются с помощью микропроцессорных средств.

Адаптивные формирователи ортогональных составляющих (ФОС) должны обеспечивать независимость амплитуд сигналов и углов сдвига фаз между ними от изменений промышленной частоты. При этом они должны обладать соответствующими частотными и динамическими свойствами, обеспечивая четкое выделение сигнала основной частоты и высокое быстродействие. Указанные свойства могут быть оценены на основе анализа амплитудно-частотных (АЧХ) и переходных характеристик ФОС, которые полностью отражают их уровень технического совершенства.

Характеристики ФОС определяются как их отклики на некоторые сигналы специальной формы. Для получения характеристик ФОС методом вычислительного эксперимента используются их математические модели.

Для нахождения точек АЧХ, соответствующих заданному значению частоты f , необходимо знать при этом значение амплитуды входного и выходного синусоидальных сигналов. Для этого производится расчет ФОС с использованием уравнений его модели на временном интервале, обеспечивающем наступление установившегося режима. По отсчетам мгновенных значений сигналов определяются их амплитуды и соответствующие точки АЧХ. Для построения АЧХ вычисления повторяются для заданных точек всей шкалы частот.

В рамках настоящей работы были получены адаптивные ФОС, использующие 14, 16, 18 отсчетов мгновенного сигнала. Затем методом вычислительного эксперимента определялись характеристики указанных ФОС.

Анализ полученных АЧХ показывает, что с увеличением n избирательность ФОС повышается, причем АЧХ сохраняют нули в гармониках, кратных основной. Наилучшую форму АЧХ имеет ФОС при 18 отсчетах мгновенного сигнала. Такой формирователь хорошо подавляет низкочастотные составляющие и лучше других высшие гармоники.

В результате выполненных расчетов также установлено, что все реализации ФОС имеют линейные фазочастотные характеристики в диапазоне частот 45–55 Гц. При этом угол сдвига фаз между ОС не зависит от частоты и равен $\frac{\pi}{2}$.

Предложенные адаптивные ФОС входных сигналов для микропроцессорных защит отличаются более высокими показателями технического совершенства, чем ранее рассматривавшиеся аналогичного исполнения.

СЕКЦИЯ 3. Электроснабжение

УДК 621.318

РАСЧЁТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАГНИТОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА НА ПЭВМ

Ю.Л. Василевский

Научный руководитель В.Н. САЦУКЕВИЧ

Электромагниты получили широкое распространение в различных областях промышленности. В настоящее время существуют электромагниты массой от нескольких десятков грамм до нескольких тонн.

Применение информационных технологий в расчётах электрических магнитов постоянного тока позволяет быстро и качественно производить необходимые расчёты с минимальными затратами интеллектуального труда и времени инженерного персонала и дает возможность инженерному персоналу сосредоточиться на решении более сложных задач.

Разработанная программа предназначена для расчёта электромагнитов постоянного тока броневых типа. Исходными данными для работы программы являются: напряжение питания, сила тяги электромагнита, его геометрические параметры, марка стали и обмоточного провода, а также величины воздушного и паразитного зазоров.

В результате работы программы производится выбор и расчёт обмотки электромагнита, определяется число витков и диаметр провода в зависимости от его марки и способа укладки, а также рассчитывается мощность, потребляемая этой обмоткой и температура её нагрева, делаются вывод о работоспособности электромагнита.

Программа позволяет производить расчёт магнитных цепей для наиболее широко используемых марок сталей, с учётом их аппроксимированных кривых намагничивания.

Компьютерная программа позволяет также протестировать обмотку, предложенную пользователем, определить температуру ее нагрева и допустимое время включения в сеть.

Программа разработана на языке программирования Delphi–5.5 для операционной системы Windows 98 и выше, имеет удобный графический интерфейс и оригинальный дизайн, а функции меню, имеющиеся в программе, позволяют сохранять результаты расчёта в отдельный файл и при наличии принтера выводить их на печать.

По сравнению с более ранними версиями программы, новая версия имеет более удобный дизайн и более широкие функциональные возможности. В частности появилась возможность сохранять результаты

расчёта в текстовый файл и при необходимости выводить их на печать, а также увеличилось количество марок стали и марок обмоточного провода, используемых для расчётов электромагнитов.

УДК 621.311

ВЛИЯНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ НА ТОЧНОСТЬ РАСЧЁТА ВЕРОЯТНОСТИ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

М.А. Батраков

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

Если интенсивности отказов и восстановлений, образующих систему параллельных элементов, каждый из которых способен передавать требуемую мощность, постоянны во времени, то вероятность безотказной работы такой системы подчиняется экспоненциальному закону

$$P(t) = e^{-\frac{t}{T_c}},$$

где t – время работы; T_c – средняя наработка системы на отказ.

При постоянном резервировании, когда отказ системы возникает при одновременном отказе всех параллельных элементов, T_c определяется (ограничимся двумя равнонадёжными элементами) выражением

$$T_c = \frac{T(T + 3\tau)}{2\tau},$$

где T – наработка на отказ; τ – среднее время восстановления одного элемента.

Фактические величины T и τ могут сильно отличаться от их табулированных значений. Это объясняется погрешностями методов сбора и обработки информации, различными условиями проведения испытаний на надёжность и процессов восстановления. Поэтому представляет интерес анализ влияния погрешностей значений T и τ отдельных элементов на точность расчёта надёжности системы в целом.

Погрешности вероятности безотказной работы:

$$\delta P_T(t) = te^{-\frac{t}{T_c}} \left(\frac{4\tau}{T^3} \right) \delta T;$$

$$\delta P_\tau(t) = te^{-\frac{t}{T_c}} \left(\frac{4}{T^2} \right) \delta \tau,$$

где δT и $\delta \tau$ – соответственно погрешности величин T и τ .

Например, для системы из двух параллельных кабелей 10 кВ, $T = 5$ лет, $\tau = 24$ ч погрешности соответствующих величин $\delta T = \delta \tau = 25\%$ для времени $t = 5$ лет вызывают соответствующие погрешности вероятности безотказной работы $\delta P_T(5) = 1\%$ и $\delta P_\tau(5) = 9\%$.

Эта информация может быть использована для обоснования требований к точности исходной информации о величинах T и τ .

УДК 621.312

ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОНОМНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ВЕТРОАГРЕГАТА НА ОСНОВЕ ГЕЛИКОИДНОГО ВЕРТИКАЛЬНО-ОСЕВОГО ВЕТРОДВИГАТЕЛЯ И СИНХРОННОГО МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА

Ю.В. Макоско

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

Испытания моделей вертикально-осевых ветродвигателей показали, что вихревой шлейф геликоидного ветроротора имеет вертикальное направления, что обуславливает практически полное устранение аэродинамического шума, поэтому возможна установка таких ветроагрегатов вблизи жилой застройки (на крышах зданий). Вышеназванное свойство исследуемых ветродвигателей позволяет также уменьшить размеры площадки под ветроэлектростанцию заданной мощности, при использовании вертикально-осевых геликоидных ветродвигателей. В качестве электрогенераторов таких установок целесообразно использовать прямоприводные синхронные генераторы с возбуждением от постоянных магнитов, вследствие их высокой надежности, простоты конструкции и надежности самовозбуждения. Таким образом, целесообразно использовать геликоидные ветроагрегаты для теплообеспечения зданий. Ветроэнергоустановка работает на автономную активную нагрузку, связь с энергосистемой отсутствует. (В периоды безветрия здание получает тепло- и электроэнергию от городских сетей.)

В процессе испытаний ветродвигатель модели нагружался электрогенератором, работающим на автономную нагрузку. При переходе на левую восходящую часть энергетической характеристики, происходило опрокидывание ветродвигателя. Таким образом, при проектировании прототипа исследуемого ветроагрегата, задача поиска оптимальной нагрузки электрогенератора, не приводящей к опрокидыванию ветродвигателя в автономном режиме работы, является актуальной.

Анализ результатов испытаний моделей ветродвигателей показал, что при регулировании выработки электроэнергии ветрогенератором посредством перемещения дисковой диафрагмы, максимум энергетической характеристики ветродвигателя смещается и имеет место при другом значении быстроходности ветродвигателя. Вышеназванную особенность также необходимо учитывать при проектировании ветроагрегата и поиска оптимальной автономной нагрузки, не нарушающей устойчивость работы электрогенератора и ветродвигателя.

УДК 621.316.35

ЗАВИСИМОСТЬ ПОТЕРЬ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРА ОТ НАПРЯЖЕНИЯ

А.Э. Красовский

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

Потери активной мощности в трансформаторе можно определить по выражению

$$\Delta P = U_2^2 \cdot g_T + \frac{(P_2^2 + Q_2^2) \cdot R_T}{U_2^2} = \Delta P_X + \beta^2 \cdot P_K,$$

где U_2 – номинальное напряжение вторичной обмотки трансформатора; g_T – активная проводимость трансформатора; P_2 , Q_2 – соответственно активная и реактивная нагрузка трансформатора; R_T – активное сопротивление обмотки трансформатора; ΔP_X , ΔP_K – соответственно потери активной мощности холостого хода и короткого замыкания; β – коэффициент загрузки трансформатора.

При изменении номинального напряжения на величину $\pm \Delta U$ % выражение потерь активной мощности примет вид

$$\begin{aligned} \Delta P &= U_2^2 \cdot g_T \cdot \left(1 \pm \frac{\Delta U}{100}\right)^2 + \frac{(P_2^2 + Q_2^2) \cdot R_T}{U_2^2 \cdot \left(1 \pm \frac{\Delta U}{100}\right)^2} = \\ &= \Delta P_X \cdot \left(1 \pm \frac{\Delta U}{100}\right)^2 + \beta^2 \cdot \frac{\Delta P_K}{\left(1 \pm \frac{\Delta U}{100}\right)^2}. \end{aligned}$$

В качестве примера определим потери активной мощности трансформатора марки ТДЦ-125000/110 ($\Delta P_X = 120$ кВт, $\Delta P_K = 400$ кВт, $\beta = 0,7$) при изменении напряжения на величину $\pm 5\%$. Потери актив-

ной мощности при номинальном напряжении составляют 316 кВт. Потери при отклонении напряжения на плюс 5 % составляют 310,1 кВт, т. е. уменьшаются на 1,87 %, а при отклонении напряжения на минус 5 % составляют 325,5 кВт, т. е. увеличиваются на 3 %.

Таким образом, при решении задачи выбора оптимального состава трансформаторов по минимуму потерь активной мощности отклонение напряжения от номинального следует учитывать.

УДК 621.316.35

УПРАВЛЯЕМЫЙ АСИНХРОННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД

Ю.С. Кисляк

Научный руководитель И.В. КОЛОСОВА

В простейшем случае частотного регулирования управление скоростью вращения вала асинхронного двигателя осуществляется с помощью изменения частоты и амплитуды трехфазного напряжения подаваемого на двигатель. Большинство современных преобразователей частоты построены по схеме двойного преобразования. Они состоят из следующих основных частей: звено постоянного тока, силовой трехфазный импульсный инвертор, система управления. Звено постоянного тока состоит из неуправляемого выпрямителя и фильтра. Переменное напряжение питающей сети преобразуется в нем в напряжение постоянного тока. Силовой трехфазный импульсный инвертор состоит из шести транзисторных ключей. Инвертор осуществляет преобразование напряжения постоянного тока в трехфазное переменное напряжение изменяемой частоты и амплитуды, управляющее двигателем.

При векторном регулировании, в отличие от частотного, управление скоростью вращения двигателя осуществляется с помощью регулирования амплитуды и фазы вектора поля двигателя. Такое управление является наиболее точным в динамике и статике, а так же более экономичным.

Преимущества векторного регулирования:

- Точная отработка скорости с компенсацией скольжения (даже без обратной связи по скорости).
- Глубокий диапазон регулирования.
- В области малых частот двигатель работает плавно и сохраняет момент вплоть до нулевой скорости.
- Быстрая реакция на скачки нагрузки.
- При резких скачках нагрузки практически не происходит скачков скорости, вследствие высокой динамики регулирования.
- Оптимизация КПД двигателя на низких частотах.

– За счет регулирования тока намагничивания, осуществляется оптимизация режима работы двигателя и снижение потерь.

Таким образом, внедрение преобразователей в системы управления, позволит оптимизировать состав систем, что приведет к уменьшению их стоимости и повышению энергоэффективности.

УДК 621.313.8

ИНДУКТИВНЫЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ РЕАКЦИИ ЯКОРЯ СИНХРОННОЙ МАШИНЫ С ТАНГЕНЦИАЛЬНО НАМАГНИЧЕННЫМИ МАГНИТАМИ

А.Л. Руденя

Научный руководитель В.И. ШАФРАНСКИЙ, канд. техн. наук, доцент

Ротор синхронной машины рассматриваемой конструкции, содержит $2p$ призматических постоянных магнитов (p – число пар полюсов), $2p$ – сегментов из магнитомягкого материала [1].

Для исследования реакции якоря, рассматривались модели машин в пределах одного полюсного деления τ по продольной оси d и по поперечной оси q .

Для данной конструкции составлены схемы замещения, определены кривые индукции в воздушном зазоре с учетом того, что магнитное сопротивление магнита и воздуха соизмеримы, по первой гармонике индукции, получаем: индуктивное сопротивления якоря по продольной оси X_{ad} :

$$X_{ad} = \frac{4mf(wk_0)^2 k_d}{pL\pi k_{\phi d}} \Lambda_{ad},$$

где m – число фаз обмотки якоря; f – частота; w – число витков; k_0 – обмоточный коэффициент; k_d – коэффициент формы кривой индукции по продольной оси; p – число пар полюсов; L – активная длина машины; τ – полюсное деление; $k_{\phi d}$ – коэффициент формы кривой магнитного потока по продольной оси; Λ_{ad} – полная магнитная проводимость по продольной оси на пару полюсов.

Индуктивное сопротивление реакции якоря по поперечной оси X_{aq} :

$$X_{aq} = \frac{4mf(wk_0)^2 k_q}{pL\tau k_{\phi q}} \Lambda_{aq},$$

где k_q – коэффициент формы кривой индукции по поперечной оси; $k_{\phi q}$ – коэффициент формы кривой магнитного потока по поперечной оси; Λ_{aq} – полная магнитная проводимость по поперечной оси на пару полюсов.

Вывод: в магнитоэлектрических синхронных машинах с тангенциально намагниченными магнитами $X_{aq} \geq X_{ad}$, что не характерно для машин с электромагнитным возбуждением.

Литература

1. Балогуров В.А., Галтеев Ф.Ф. Электрические генераторы с постоянными магнитами. М.: Энергоатомиздат, 1988. – 280 с.

УДК 621.311

ПРОБЛЕМЫ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ЭНЕРГОСИСТЕМ (НА ПРИМЕРЕ АВАРИИ В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ США И КАНАДЫ 14 АВГУСТА 2003 Г.)

Т.В. Котько

Научный руководитель Л.В. ПРОКОПЕНКО

Объединение систем на параллельную работу позволяет получить ряд известных преимуществ: снизить максимум нагрузки, уменьшить суммарный резерв мощности, лучше использовать гидроресурсы и местные виды топлива, укрупнить единичное оборудование электрических станций, организовать рынок электроэнергии и др.

Однако при объединении энергосистем возникают и сложности: усложняется диспетчерское управление режимами работы объединенных энергосистем, особенно при рыночных отношениях, усложняются системы релейной защиты и противоаварийной автоматики, увеличиваются токи короткого замыкания в электрических сетях и др.

Даже в странах с развитой экономикой в объединенных энергосистемах происходят крупные аварии, связанные с массовым погашением потребителей, например, Энергетическая авария в США и Канаде, произошедшая 14 августа 2003 года. В результате аварии отключилось примерно 62 тысячи МВт нагрузки, свыше 100 станций в том числе 22 атомных реактора. Без электроэнергии осталось около 50 миллионов человек на территории 24 тысяч квадратных километров. Время полной ликвидации аварии составило 44 часа. Примерный ущерб от перерыва электроснабжения по предварительным оценкам экспертов составил 6 миллиардов долларов.

Предварительный анализ причин аварии, проведенный различными экспертами и комиссиями по расследованию, установил ряд основных причин, из-за которых стала возможна такая крупная авария: отсутствие централизованной системы диспетчерского управления и ошибки при диспетчерском управлении; недостаточная пропускная способность системообразующей сети объединенной энергосистемы; недостаточная эффективность противоаварийной автоматики; приоритет экономических интересов над надежностью работы энергосистемы.

УДК 621.311

ПРИМЕНЕНИЕ КАБЕЛЕЙ С ПОЛИМЕРНОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1 КВ

Р.В. Романов

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

В развитых зарубежных странах кабели с полимерной изоляцией в распределительных сетях напряжением до 110 кВ вытеснили кабели с бумажной изоляцией и вязкой пропиткой. Наиболее эффективными в сетях напряжением выше 1 кВ являются кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена в полиэтиленовой или поливинилхлоридной оболочке. Такие кабели предназначены для передачи и распределения электроэнергии в сетях с изолированной и глухозаземленной нейтралью категории А, В и С по международному стандарту МЭК 60 183. Кабели могут прокладываться на трассах линий без ограничения разности уровней в земле, а также открыто в воздухе, в том числе в кабельных сооружениях. Конструктивно кабели выпускаются одно- или трехжильными. Одножильная конструкция позволяет выпускать кабели на напряжение до 500 кВ, увеличить площадь сечения жилы до 800 мм² и, следовательно, значительно повысить пропускную способность линии.

Кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена имеют преимущества по сравнению с кабелями с бумажной изоляцией по массогабаритным, электрическим и физико-механическим характеристикам. Вследствие более высокой длительно допустимой температуры нагрева жил (до 90⁰ С), а также меньшего термического сопротивления изоляции и оболочки, кабели имеют допустимый ток на 15–25 % выше, чем кабели с бумажной изоляцией.

В Республике Беларусь кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена применяются относительно недавно. Например, в электрических сетях 6–10 кВ г. Минска одножильные кабели с полимерной изоляцией используются, начиная с 1997 года. К концу 2003 года в распределитель-

ных сетях 6–10 кВ в эксплуатации находились 18 линий, имеющие суммарную длину около 20 км. Показатели надежности кабельных линий с полимерной изоляцией можно оценить на основе данных, полученных в процессе эксплуатации электрических сетей.

УДК 621.316.35

ВЛИЯНИЕ ВЫСШИХ ГАРМОНИК НА РАБОТУ СИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Д.Л. Новик

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

При наличии в сети высших гармоник (ВГ) в синхронных двигателях (СД) возникают добавочные потери мощности. Основная часть потерь от ВГ в синхронных машинах приходится на долю успокоительной и статорной обмотки, потери в обмотке ротора, как правило, оказываются меньшими. Искажение формы кривой напряжения активизирует возникновение и протекание ионизационных процессов в изоляции электрических машин. При этом развиваются местные дефекты в изоляции, что приводит к увеличению диэлектрических потерь и сокращению срока службы.

Относительное сокращение срока службы изоляции:

$$\Delta T = 1 - e^{-0.086\Delta\tau} \quad (1)$$

где $\Delta\tau$ – температура дополнительного нагрева СД.

Температура дополнительного нагрева СД токами ВГ определяется по формуле:

$$\Delta\tau = k_c \tau_c \sum_{v=2}^n \frac{K_{U(v)}^2}{v\sqrt{v}} \cdot 10^{-4}, \quad (2)$$

где τ_c – температура обмотки СД при синусоидальном напряжении, равная 80 °С; $K_{U(v)}$ – коэффициент v -ой гармонической составляющей; k_c – коэффициент, определяемый по кривым, равный 42.

Проведем расчет по выражениям (1) и (2), учитывая 5-ю и 7-ю гармоники с допущением, что $K_{U(5)} = K_{U(7)}$.

Таблица 1 – Результаты расчета относительного сокращения срока службы изоляции

$K_{U(v)}, \%$	1	2	3	4	5	6	7	8
$\Delta T, \%$	0,414	1,644	3,662	6,417	9,843	13,86	18,38	23,3

Таким образом при значительной несинусоидальности питающего напряжения происходит дополнительный нагрев и сокращение срока

службы СД, поэтому необходимо принимать меры по снижению уровня ВГ в питающей сети.

УДК 621.311.1

ВЫБОР РЕЖИМА НЕЙТРАЛИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 КВ

А.А. Сокольников

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

Электроустановки напряжением до 1 кВ работают как с глухозаземленной, так и с изолированной нейтралью. При выборе режима нейтрали руководствуются соображениями экономичности, электробезопасности и надежности электроснабжения.

При глухом заземлении нейтрали применяют системы TN (в вариантах TN-C, TN-S, TN-C-S) и TT, при которых четырех- или пятипроводные сети питают трехфазные и однофазные электроприемники, включенные на линейное или фазное напряжения. В случае наличия электроприемников с нелинейными характеристиками (преобразовательные установки, компьютеры, газоразрядные лампы и т. п.) токи в нулевых рабочих проводниках из-за высших гармоник могут быть больше, чем в фазных проводниках. Это вызывает ускоренный тепловой износ изоляции нулевых рабочих проводников, если их площадь сечения будет меньше, чем требуется по условию нагрева.

Положение осложняется тем, что контроль изоляции нулевого проводника в условиях нормальной эксплуатации достаточно сложно осуществлять. Поэтому при выборе системы заземления необходимо определить расчетный ток нулевого рабочего проводника и правильно выбрать его сечение. В здании, где применяется система TN, должна быть предусмотрена система выравнивания потенциалов. Особое внимание электробезопасности следует уделять при выборе системы TT, предусматривающей заземление оборудования без зануления. В этом случае в сети необходимо предусматривать установку устройств защитного отключения.

Системы с изолированной нейтралью в основном применяются при повышенных требованиях к электробезопасности с обеспечением автоматического контроля и отключения участка сети, на котором произошло однофазное замыкание на землю.

В соответствии со стандартом Международной электротехнической комиссии (МЭК) потребитель вправе самостоятельно применять любую из систем, исходя из своих возможностей, требований к надежно-

сти электроснабжения и электробезопасности, а также условий эксплуатации электроустановок.

УДК 621.316

НАДЁЖНОСТЬ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

И.А. Орлов

Научный руководитель И.В. КОЛОСОВА

Под надёжностью любого технического объекта понимается свойство объекта сохранять заданные функции в заданном объёме при определённых условиях функционирования; применительно к электрическим системам – бесперебойное снабжение электроэнергией в пределах допустимых показателей её качества и исключение ситуаций, опасных для людей и окружающей среды.

Под нормальным режимом работы энергосистемы понимают режим, при котором обеспечивается снабжение электроэнергией всех потребителей при поддержании её качества в установленных пределах. Применительно к системам электроснабжения нормальным следует считать режим, при котором потребители обеспечиваются электроэнергией заданного качества и количества в точном соответствии с графиком её спроса и по схеме электроснабжения, предусмотренной проектом для условий длительной работы.

Под качеством электроэнергии можно понимать совокупность её параметров, обуславливающих пригодность электроэнергии удовлетворять потребности различных приёмников электроэнергии в соответствии с их назначением.

Общую задачу обеспечения надёжного электроснабжения потребителей в соответствии с системным подходом следует рассматривать как иерархически связанный комплекс подзадач. Принципом такого разделения может служить иерархия системы, прежде всего функциональная, территориальная и временная.

Решение основных задач надёжности электрических систем предусматривает достижение оптимального соотношения между затратами на производство, распределение электроэнергии и технико-экономическими последствиями от недоотпуска электроэнергии, что предполагает достоверное прогнозирование прежде всего показателей надёжности электрических систем и узлов электропотребления.

Литература

1. Китушин В.Г. Надёжность энергетических систем. // М.: Высшая школа, 1984.
2. Михайлов В.В. Надёжность электроснабжения промышленных предприятий. // М.: Энергоиздат, 1982.

ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ И ИХ РОЛЬ В ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

И.В. Гулецкий

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

Источники энергии – это в первую очередь нефть и газ. Нефть и газ – это то ради чего велись войны в XX-м веке. Есть выражение: “Нефть – это кровь Земли”. Да это действительно кровь, кровь тех, кто волей судьбы жил на территории богатой нефтью. Это кровь стариков, детей, женщины безвинно пролитая ради наживы. Нефть – это аккумулированная энергия, которая при сгорании преобразуется в свет и тепло. С каждым годом добыча нефти всё больше и больше. На добычу и транспортировку уходят много миллиардов долларов, которые могли быть использованы на благо человечества. Таким образом, можно сделать вывод, что нефть это не только энергия, это ещё и:

1. Причина мировых войн.
2. Один из основных факторов загрязнения окружающей среды.
3. Причина изменение структуры земной коры.
4. Постоянный источник углекислого газа.

Но есть ли возможность отказаться от использования нефти? Сегодня с твёрдой уверенностью можно сказать – есть. Это в первую очередь возобновляемые источники энергии – солнце, ветер, вода. Благодаря им можно отказаться от использования нефти. Так, например, если потратить 100 млрд. \$ не на нефть, а на альтернативные источники энергии, то можно получить 100 млн. кВт установленной мощности ВЭС, которые за год могли бы вырабатывать 0,15 трлн. кВтч/год.

Важнейшим аргументом в пользу поворота к возобновляемым энергоносителям, является необходимость сохранения стабильности климата и земной атмосферы. Не менее значимо тревожное ухудшение воздуха, продуктов питания, загрязнения воды и почвы. Очень важен и социальный фактор, т. е. проблема занятости. Использование возобновляемых источников энергий создаст рабочие места, которые многократно окупятся. Во-первых, рабочая сила потребуется на всех этапах перехода к возобновляемым технологиям; во-вторых, рабочие руки будут нужны для выращивания энергоносителей.

Литература

1. Кронберг Х. Нефть за кровь. – 1998.

СЕКЦИЯ 4. Тепловые электрические станции

УДК 621.365

РЕКОНСТРУКЦИЯ ОСНОВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПЕРВОЙ ОЧЕРЕДИ МИНСКОЙ ТЭЦ-4

П.Ю. Марченко

Научный руководитель: А.В. СЕДНИН, канд. техн. наук, доцент

В республике Беларусь более 70 % основного оборудования электростанций отработало свой моторесурс. Это морально и физически устаревшее оборудование, которое требует замены на более экономичное.

Самая крупная отопительная ТЭС в республике – Минская ТЭЦ-4, на первой очереди которой установлены турбоагрегаты (ТА) ТМЗ: ПТ-60-130/13 и два Т-110/120-130-3. Ввод оборудования в эксплуатацию 1977-й, 1978-й и 1979-й года соответственно. В настоящее время, Уральским заводом на базе ТА Т-110/120-130-5 разработано несколько модификаций турбин, предназначенных как для вновь строящихся станций, так и для замены отработавших свой моторесурс турбин мощностью 50, 60 и 110 МВт. Среди них модификации турбин Т-110/120-130 (состоящее из турбин Т-116, Т-118 и ТР-110), Тп-115, Тп-110-130-12М.

Исходя из анализа режимов работы и графика электрических и тепловых нагрузок, наиболее экономически обоснованна установка на МТЭЦ-4 турбин типа ТР-110/120-130 и Тп-115/125-130-3.

ТР-110 двухцилиндровый ТА, число ступеней – 9х14, структурная формула системы регенерации – ЗПВД+Д+ЗПНД, номинальная тепловая нагрузка 185 Гкал/ч. Турбина Тп-115 с индексом «3», имеющая лопатку последней ступени длиной 940 мм, устанавливается при необходимости длительной работы на чисто конденсационном режиме, когда ее экономичность максимальна. Число ступеней – 9х17, структурная формула системы регенерации – 2ПВД+Д+4ПНД, номинальная тепловая нагрузка 160 Гкал/ч. Кроме основных отборов пара, турбина имеет ограниченный отбор для нужд производства (строчная «п»).

Капитальные затраты на реконструкцию составят 18 млн. у.е. (совместно со всеми монтажными работами). Экономия топлива при сохранении технических условий работы установок составит примерно 4000 т т.у./год. Кроме того появляется возможность загрузки Тп-115 конденсационной выработкой электроэнергии, т.к. при тепловой нагрузке 20 % от номинальной, удельный расход топлива на отпуск электроэнергии составляет 290 г у.т./(кВт·ч) (данный ТА установлен на Йошкар-олинской ТЭЦ-2 в 1999 году).

Кроме снижения себестоимости отпускаемой от ТЭЦ энергии, реконструкция основного оборудования гарантирует надежность эксплуатации и конкурентоспособность отпускаемой продукции.

УДК 621.181

ТЕПЛОФИКАЦИЯ ОТ МИНИ-ТЭЦ

В.В. Юшкевич, А.Н. Панковец

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

Основное оборудование многих белорусских ТЭЦ выработало свой расчетный срок службы (БелГРЭС, Минская ТЭЦ, Лукомльская ГРЭС и др.). Оно нуждается в реконструкции.

Отметим, что традиционные теплофикационные системы на базе централизованных источников с комбинированной выработкой электрической и тепловой энергии не всегда обеспечивают расчетной экономии топлива и общей эффективности в силу ряда причин. Главным недостатком является то, что функционирование таких систем сопровождается большими тепловыми потерями (достигающими 25–30 %) при транспорте теплоносителей и затратами электроэнергии на перекачку сетевой воды.

В настоящее время, когда ощущается недостаток централизованных инвестиций на восполнение и развитие генерирующих мощностей, наряду с традиционным энергоисточником появилась тенденция строительства блочных котельных.

В этих условиях одним из важных направлений совершенствования теплофикационных систем и обеспечения максимальной экономии топлива является создание систем теплоснабжения на базе мини-ТЭЦ с использованием газо-поршневых установок. Для таких мини-ТЭЦ можно предложить следующую упрощенную схему: газопоршневой двигатель-генератор. Сетевая вода подается через теплообменник рубашки охлаждения, а затем в теплообменник “дымовые газы – вода”. Пиковый водогрейный котел включается в самый холодный период отопительного сезона, а так же является резервным источником теплоснабжения. Для сглаживания суточных перепадов потребления горячей воды устанавливается аккумулятор горячей воды, который «заряжается» ночью, когда низкое потребление воды и «разряжается» утром и вечером во время пиков расхода воды.

Газопоршневые агрегаты (ГПА) работают на природном газе низкого давления, не требуется понижающего редуктора при работе с электрогенератором промышленной частоты. ГПА имеют широкий диапазон нагрузок, достаточно большой срок службы (до 320 тыс. ча-

сов) при капитальных удельных затратах на уровне 500 \$ США на 1 кВт установленной мощности. Недостатком ГПА является малая удельная мощности, что приводит к относительно большим габаритам.

В заключение отметим, что любое техническое решение о строительстве современного энергоисточника, его модернизации и реконструкции должно учитывать сложившиеся и перспективные тепловые нагрузки, а также стоимостные показатели генерируемых теплоты и электроэнергии.

УДК 621.(075.8)

МЕТОДЫ КОНСЕРВАЦИИ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

М.В. Сорока

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

В настоящее время существует множество отработанных методов консервации теплоэнергетического оборудования (ТЭО), которые можно подразделить на четыре принципиально отличающихся друг от друга технологическими особенностями:

- создание на внутренней поверхности металла стойких защитных пленок;

- нанесение на внутренние поверхности металла тонкой гидрофобной пленки, предотвращающей доступ влаги, кислорода и других агрессивных газов к поверхности металла;

- заполнение внутреннего объема котла защитными растворами;

- удаление одного из агентов процесса стояночной атмосферной коррозии (воды или кислорода) из внутреннего объема ТЭО.

Идеальный метод консервации ТЭО должен отвечать следующим основным требованиям:

- надежно защищать внутренние и наружные поверхности ТЭО от стояночной атмосферной коррозии в течение всего периода простоя;

- возможность применения ко всем группам ТЭО;

- экологичность;

- пригодность для любых условий простоя;

- минимальный объем подготовительных работ;

- возможность вывода оборудования в режим консервации с первых минут снижения давления во внутреннем объеме ТЭО до атмосферного;

- отсутствие специального ухода за оборудованием в период консервации(поддержание избыточного давления, заданной концентрации реагентов в консервирующем растворе или воздухе и т. д.);

– возможность выполнения текущих ремонтных работ на ТЭО без проведения дополнительных мероприятий по расконсервации.

Благодаря своей экологической чистоте, технологической простоте и применимости ко всем группам ТЭО, воздушные методы консервации в наибольшей мере отвечают выше перечисленным требованиям (в частности, метод консервации ТЭО подогретым осушенным воздухом).

Литература

1. Полевич А.Н. Сравнительный анализ технологической эффективности методов консервации теплоэнергетического оборудования // Энергосбережение и водоподготовка. 2001. – № 1. – С. 62–65.

2. Мишенин Ю.Е., Полевич А.Н., Новиков В.П., Волков М.А., Евтушенко Б.И. Защита пароводяного тракта турбины ПТ-60/75-130/13 от стояночной коррозии на ТЭЦ-12 Мосэнерго // Электрические станции. 1998. – № 2. – С. 31–33.

УДК 621.181

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ТЭЦ НА БАЗЕ ГАЗОВЫХ ТЕПЛОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ПРИМЕРЕ ПО "БЕЛОРУСНЕФТЬ"

А.В. Нерезько

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

На сегодняшний день, дальнейшее развитие промышленности требует новых подходов к энергообеспечению промышленности, а именно: отказ от традиционного дискретного подхода к каждой технологической операции. Требуется системный подход ко всему проектируемому комплексу, ориентированный на подавление потерь эксергии на горячих и на холодных концах теплотехнологии.

Существует достаточное количество технологических нагрузок, которые не могут обеспечить паротурбинные теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), поскольку температурный уровень не превышает 200 °С, т. е. они никак не конкурируют с традиционными паротурбинными, а дополняют их в системе энергосбережения страны. Особый интерес представляют теплотехнологические процессы, где требуются энергоносители в виде идеального газа той или иной природы.

Современные тепловые двигатели обладают высокой надежностью и экономичностью, превышающей аналогичные показатели таких современных ТЭС, как, например, Лукомльскя ГРЭС. Характеристики таких двигателей разнообразны как по мощностному ряду, так и по эксплуатационным и стоимостным показателям. Наиболее передовые позиции занимают американо-австрийская фирма "Jenbacher", немец-

кие "DEUTZ" и "Man", американская "Caterpillar", чешская "TEDOM", словацкая "Енеcko" и др. Среди производителей ближнего зарубежья выделяются российские фирмы "РУМО" (Нижний Новгород), ОАО "Завод им. Маминых" (г. Балаков, г. Запорожье).

Их компоновка вблизи теплотехнологии дает еще больший эффект за счет отсутствия двойной трансформации 10/110 кВ и 110/10 кВ, отсутствие потерь в самих сетях.

Характерным примером является производство, связанное с первичной переработкой нефти и попутного газа. Сегодня тепловая обработка идет в технологических печах. РУП "БелТЭИ" разрабатывается архитектурный и строительный проект, где на базе указанных теплотехнологий вырабатывает 22 МВт электрической мощности. Удельные капитальные затраты 600 \$ за 1 кВт электрической мощности. Срок окупаемости 2,5 года, себестоимость – 1,1 цент за 1 кВт·ч.

УДК 621.181

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БАШЕННОГО ОХЛАДИТЕЛЯ ДЛЯ ОТВОДА ОЧИЩЕННЫХ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ

А.А. Гончарова

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

Традиционный способ удаления дымовых газов через трубу станции требует повторного их подогрева после очистки от серы. В США, Японии и Европе были образованы прямые и косвенные системы повторного подогрева за счет сжигания нефти или газа, однако они существенно повышают потребление энергии. Вследствие этого затраты на подобный способ могут составить до 25 % от затрат на удаление серы.

Альтернативой решениям с повторным подогревом дыма является вариант решения, разработанный фирмой Заарберг-Хельтер-Умвелттехник Гиобх совместно с Заарбергверкен АГ и запатентованный во всем мире. Суть его заключается в том, что очищенные от серы дымовые газы смешиваются с отходящим воздухом башенного охладителя. Импульс потока тепла воздуха, выходящего из башенного охладителя, намного превышает тот, который имеют очищенные дымовые газы. Это приводит к большей воздушной подъемной тяге и лучшему расстиланию дыма. При таком исходе отвода дымовых газов через башенный охладитель отводится объем воздуха в 25 раз превышающий объем дыма, что позволяет снизить концентрацию вредных веществ в дыме на 10 % ниже, чем при отводе через трубу.

Выше описанный принцип использования башенного охладителя для избежания повторного подогрева очищенных дымовых газов впервые в мире реализован в Германии на электростанции Фёлклинген (230 МВт). Станция выполнена без дымовой трубы со встроенной в башенный охладитель установкой SHЧ-REA и находится в эксплуатации с 1982 г.

Литература

1. Пал М.Х. Энергия и защита окружающей среды. – Падерборн: Изд-во FIT-Verlag, 1996.

СЕКЦИЯ 5. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника

УДК 621.1.31

НАГРЕВАТЕЛИ ВОЗДУХА ПРЯМОГО НАГРЕВА

С.С. Кунцевич, Ю.В. Давыденко

Научный руководитель Ю.П. ЯРМОЛЬЧИК, канд. техн. наук, доцент

Разработана импортозамещающая технология и устройство для безыскрового зажигания тяжелых топлив в воздушных теплогенераторах с помощью специальной нагретой поверхности.

Оборудование системы прямого нагрева обладает к.п.д близким к 100 %.

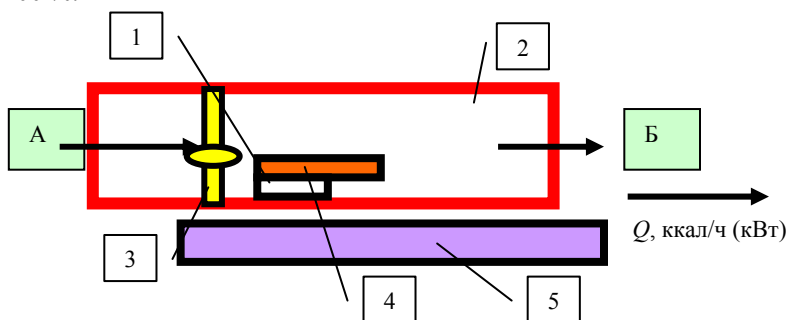


Рисунок 1 – Принципиальная схема нагревателя воздуха прямого нагрева:

1 – горелочное устройство; 2 – корпус; 3 – вентилятор; 4 – система воспламенения; 5 – топливный бак. Направления газовых потоков:

А – воздух t_0 ; Б – воздух + дымовые газы t_0 .

Воспламенение происходит за счет специальной нагретой поверхности (аналоги только в США, Германии, Италии). Воспламеняет тяжелые виды топлива, почти не загрязняя воздуха.

Подобный способ воспламенения позволяет устранить потребность в чистке, регулировке искрового зазора или замене традиционных свечей зажигания. Обеспечивает быстрое отключение нагревателя в течении 2 сек в случае возникновения неисправности. Работает только в течении цикла воспламенения, что сокращает потребление электроэнергии. Температура воздуха на выходе на расстоянии 20 см и температуре окружающей среды $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $175..350\text{ }^{\circ}\text{C}$. Производительность – $9000..90000\text{ ккал/ч}$. Расход воздуха – $250..3000\text{ м}^3/\text{ч}$.

Возможно подключение к термостату (т. е., автоматизация в зависимости от температуры окружающей среды).

УДК 621.1

НАГРЕВАТЕЛИ ВОЗДУХА НЕПРЯМОГО НАГРЕВА

Д.А. Волощик, П.С. Винокуров, С.А. Мелех

Научный руководитель Ю.П. ЯРМОЛЬЧИК, канд. техн. наук, доцент

Разработан сложный теплообменник для передачи тепла от уходящих дымовых газов направленному потоку воздуха в теплогенераторах непрямого нагрева.

Оборудование системы непрямого нагрева обладает к.п.д. превышающим 90 %.

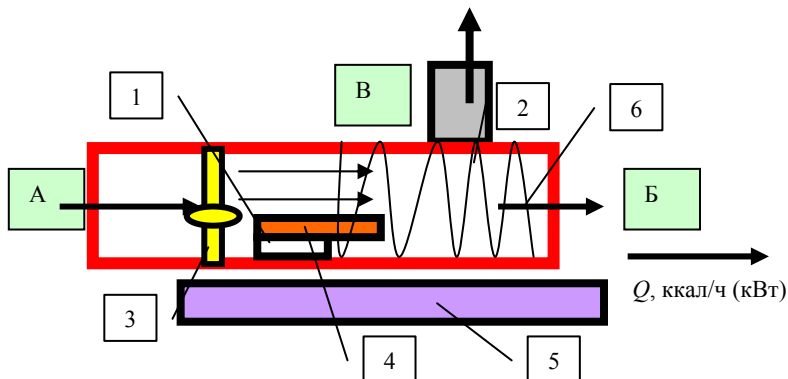


Рисунок 1 – Принципиальная схема нагревателя воздуха прямого нагрева:

1 – горелочное устройство; 2 – корпус; 3 – вентилятор; 4 – система воспламенения; 5 – топливный бак; 6 – сложный теплообменник.

Направления газовых потоков: А – воздух t_0 ; Б – воздух t_0 ;

В – дымовые газы t_0 .

Практически незаменимый прибор для нагрева воздуха в эксплуатируемых **человеком** помещениях, где электрические или центральные отопительные системы достаточно дороги (при этом абсолютно автономен). Оборудован теплообменником и трубой для отвода отработанных газов. Конечный продукт – чистый (!), теплый воздух. Запас топлива (для передвижных установок) возможен до 1–2 суток непрерывной работы. Возможна подача воздуха через гибкие шланги в отдаленные помещения (шланги термостойкости до 120 °С – разработка Белорусского Технологического Университета). Возможна вставка подогревателя жидкого топлива (дизельного) при инсталляции в морозных условиях за пределами обогреваемого помещения. Возможна вставка воздушного фильтра при инсталляции за пределами обогреваемого помещения.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ И ОТОПИТЕЛЬНЫХ КОТЕЛЬНЫХ

Т.С. Полякова, А.С. Поклонов

Научный руководитель Ю.П. ЯРМОЛЬЧИК, канд. техн. наук, доцент

Промышленными и промышленно-отопительные котельные выдают пар, давление которого – 1,2...1,5 МПа, тогда как потребителю требуется пар 0,2...0,4 МПа. В абсолютном большинстве случаев перепад давления сбрасывается на РОУ, и потенциальная энергия давления безвозвратно теряется. Малые электростанции создаются на базе существующих котельных, имеющих переменные паровые нагрузки. При переводе котельной на комбинированную схему производства тепловой и электрической энергии требуются новые критерии оптимизации, отличные от проектных критериев при строительстве котельной. Для чего разрабатываются технологии выработки электроэнергии по комбинированной схеме для каждого конкретного заказчика.

За счет комбинированного производства тепла и электроэнергии на базе существующих промышленных и отопительных котельных (малые электростанции) затраты на сооружение паротурбогенератора окупаются за 3,5–5 лет. При этом повышается автономность энергоснабжения котельной, что позволяет котельной оставаться в рабочем режиме при отключении от энергосистемы, т. е. сохранить технологический процесс предприятий, связанных с котельной по пару и теплу.

Расчетным путем определен удельный расход топлива на выработку электроэнергии при надстройке паровых котельных энергосберегающими электроэнергетическими комплексами (ЭЭК), работающими параллельно с РОУ. Удельный расход условного топлива в этом случае составляет 0,145...0,165 кг у.т/(кВт.ч).

Паротурбогенератор (ПТГ) позволяет использовать энергию пара низких параметров (в том числе насыщенного), сбрасываемую, как правило, в редуционных устройствах котельных.

ПТГ могут быть включены в тепловую схему малых и средних котельных, пар которых используется для теплофикационных и технологических целей. Тем самым удастся получить с минимальными капитальными затратами независимый от энергосистемы источник промышленной и бытовой электроэнергии, превратив котельную в мини-ТЭЦ, при этом ПТГ может работать как в автономном режиме, так и параллельно с энергосистемой или другими источниками электрического тока, а пар, отработавший в турбине, поступает на теплофикационные или технологические нужды.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕТРАДИЦИОННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РАЙОНАХ ПОСТРАДАВШИХ ОТ АВАРИИ НА ЧАЭС

А.М. Заборовский

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

Существует ряд направлений развития нетрадиционной энергетики, где представляется целесообразным ослабить требование прибыльности и быстрой самоокупаемости инвестиционных проектов. Важнейшим из них является использование нетрадиционных источников энергии в районах пострадавших от аварии на ЧАЭС.

Нами были проанализированы следующие возможности использования нетрадиционной энергетики в районах радиоактивного загрязнения:

- преобразование солнечной энергии в электрическую с помощью солнечных электрических станций (СЭС);
- использование ветроэнергетических установок (ВЭУ);
- преобразование биомассы в электроэнергию.

В результате выяснилось, что метеорологические условия загрязненных районов Республики позволяют при должной организации процесса весьма эффективно развивать любое из перечисленных направлений. Однако, экономическая эффективность проектов существенно различается. Ориентировочная стоимость одного кВт установленной мощности («под ключ») для СЭС составляет сегодня около 4000 долл. США (для ВЭУ – 1500 долл. США), что в условиях ограниченности бюджетных средств, практически исключает широкомасштабное участие государства в развитии энергоисточников на базе СЭС и ВЭУ. Проблемы финансирования мероприятий по их сооружению на пострадавших от аварии на ЧАЭС территориях целесообразно решать путем целенаправленного стимулирования инвестиционной активности национальных и иностранных хозяйствующих субъектов, а также переориентации части международной финансовой поддержки в этом направлении. Перспективы использования биомассы оценены нами, как более реалистичные. Так в 2002 году заготовлено 2,3 тыс. тонн сена, около 8 тыс. тонн сенажа и более 9 тыс. тонн силоса с концентрацией ^{137}Cs выше допустимого уровня. Продукция, в которой превышает допустимый уровень содержания ^{90}Sr , ^{137}Cs уничтожается. Более оправданным, с позиций государственной политики по реабилитации пострадавших территорий, было бы использование продукции с превышением допустимых норм содержания радионуклидов для производства экологически чистого продукта – электроэнергии. В итоге, мы решаем двойную задачу: осуществляем мероприятия по реабили-

литации территорий и снижаем зависимость Республики Беларусь от поставляемых извне энергоресурсов.

УДК 621.59.01

РАБОТА КОМПРЕССИОННОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ В НЕРАСЧЕТНЫХ УСЛОВИЯХ

А.Г. Дмитрук

Научный руководитель Э.М. КОСМАЧЕВА

Холодильная установка является термодинамически подвижной технической системой, параметры работы которой зависят как от температуры охлаждаемого объекта, так и от температуры окружающей среды.

В процессе изменения, в том числе принудительного, режима работы установки, называемого переходным, ее материальный и энергетический балансы нарушаются до установления нового стационарного режима.

Так, при постоянном эквиваленте расхода охлаждаемой среды и постоянной ее температуре на входе в испаритель прикрытие дроссельного вентиля приводит к перестройке режима работы испарителя, конденсатора и компрессора, т. е. практически всех элементов холодильной установки. В частности, снижается давление и температура кипения хладагента в испарителе, повышается температура паров после испарителя, снижается коэффициент подачи поршневого компрессора, а значит его объемная производительность, снижается тепловая нагрузка испарителя, повышается температура охлаждаемой среды на выходе из него, снижаются температура и давление конденсации хладагента.

Алгоритм решения задачи осложняется тем, что, например, в испарителе на стороне хладагента происходят в общем случае два последовательных процесса: кипение жидкости и перегрев ее паров. В расчетном режиме зона перегрева очень мала, и поэтому процесс сводится только к кипению хладагента. По мере снижения давления в испарителе (при регулировании работы холодильной установки с помощью дроссельного вентиля) перегрев пара нарастает. Это делает необходимым условное разделение поверхности теплообмена на две: зону кипения и зону перегрева, в каждой из которых действуют свои законы теплообмена.

В конденсаторе холодильной установки также осуществляются два последовательных процесса: охлаждение перегретого пара и его конденсация, что заставляет условно считать его состоящим из двух аппа-

ратов, последовательно соединенных по хладагенту и охлаждающей среде.

Снижение массового расхода хладагента вследствие прикрытия дроссельного вентиля приводит к снижению температуры и давления конденсации, увеличению зоны конденсации и, соответственно, снижению зоны охлаждения.

Задача моделирования параметров работы установки в нерасчетном режиме из-за большого их числа и взаимосвязи может быть осуществлена методом последовательных приближений, реализация которого наиболее удачна с применением ПЭВМ.

УДК 620.9

УЛУЧШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПРОИЗВОДСТВА

А.В. Бычковский

Научный руководитель В.Н. РОМАНЮК, канд. техн. наук, профессор

Себестоимость асфальтобетонной смеси (АБС) на текущий период составляет 2,3 млн. рублей РБ за 100 тонн. Топливо-энергетическая составляющая себестоимости асфальтобетонного производства оценивается в 35 %. Удельные затраты топлива составляют примерно 8–13 кг.у.т. на тонну АБС. В литературе достаточно подробно рассмотрена структура различных теплоэнергетических систем промышленных предприятий. Вместе с тем из рассмотрения выпадают вопросы производства в значительной степени затрагивающие энергопотребление, относящиеся к зонам сопряжения основного производства и подсистем обеспечения, прежде всего в части получения песчано-гравийной смеси (ПГС) и подготовки битума.

Основные затраты на подготовку ПГС оцениваются следующим образом: транспортировка – 18 %, обработка – 82 %, затраты на хранение не учитываются из-за их незначительности. Для рассмотрения данных вопросов необходимо уделить большее внимание подсистеме хранения ПГС на предприятиях отрасли, в особенности мероприятиям по защите от попадания влаги из окружающей среды на участки хранения песка и щебня, путём обеспечения перекрытий на рассматриваемых участках. Расчёты показывают, что снижение влажности ПГС на 1 % на входе в сушилку даёт снижение расхода топлива на 10 %.

Битумная составляющая себестоимости равна 36 %, из которых энергетическая доля в битумной составляющей оценивается в 30 %, что в совокупности с чрезвычайно низким уровнем эксергетического КПД системы подготовки битума свидетельствует о правоте

реконструкции данной системы в сторону частичного или полного замещения высокопотенциальной энергии топлива энергией вторичных энергоресурсов от технологических установок или когенерационных источников. Подобная, реконструкция битумного хозяйства снижает потребление топлива на этом участке на 30 %.

В результате применения вышеприведенных мероприятий совокупное снижение топливно-энергетической составляющей оценивается в 14 %, что имеет особое значение в условиях постоянного увеличения стоимости топлива и роста тарифов на энергоресурсы.

УДК 620.9

ИСЧЕРПАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ – ГЛОБАЛЬНАЯ ПРОБЛЕМА ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

Ю.О. Устинович

Научный руководитель Э.М. КОСМАЧЕВА

Разведчики от геологии непреклонны: природный газ, исчезнет через 150 лет, каменный уголь – спустя 450 лет, а потоки нефти иссякнут уже к 2060 году.

В большинстве индустриально развитых стран наблюдается экспоненциальное потребление природных ресурсов. В рамках экстенсивного (экспоненциального) потребления дефицит природных ресурсов остается хроническим.

Чтобы сократить потребление, необходимо развивать экономику интенсивными методами. Для этого должна быть проведена подлинная технологическая революция, что потребует вначале умеренного потребления, затем стабилизации потребления и, наконец, сокращения потребления природных ресурсов.

Постановка цели кажется рациональной, однако необходимо математически проверить такую модель, описываемую уравнением:

$$\frac{A}{A_0} = \sum_{i=1}^t a^{\left(\frac{i}{2} \frac{i-1}{1-m}\right)}, \quad (1)$$

где A – суммарное потребление природного ресурса некоторого вида за t лет; A_0 – исходное потребление данного природного ресурса; a – коэффициент потребления в исходном году, т. е. изменение объема потребления по отношению к предыдущему году; m – год, в котором потребление природных ресурсов может стать максимальным.

Уравнение (2) дает суммарное потребление ресурса к моменту достижения максимума, и позволяет определить, в каком году будет достигнут этот максимум.

$$\frac{A'}{A_0} = \sum_{i=1}^m a^{\left(i + \frac{i}{2} \frac{i-1}{1-m}\right)}. \quad (2)$$

Тогда с помощью уравнения (1) можно определить время истощения природного ресурса.

Использование численного метода решения уравнений (1) и (2) с помощью ЭВМ, дает возможность наглядно установить, что нестационарная модель ведет к значительному увеличению времени потребления природных ресурсов.

УДК 620.92.

ПЕРСПЕКТИВЫ КОСМИЧЕСКОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

А.А. Махаринец

Научный руководитель Р.И. ЕСТЬМАН, д-р. техн. наук, профессор

Целесообразность создания Международной опытной космической электростанции (КСЭС) диктуется неисчерпаемостью солнечной энергии, экологическими соображениями и необходимостью сохранять ныне широко применяемые природные энергоносители (нефть, газ, уголь) для нужд химической промышленности.

КСЭС в совокупности с промежуточными атмосферными сооружениями сможет не только подавать электроэнергию земным потребителям, но и непосредственно освещать большие участки земной поверхности ночью и затенять их днем, регулировать климатические условия, уничтожать тайфуны и смерчи, снабжать энергией космические корабли, воздушные средства, наземный транспорт, удаленные от линий электропередачи промышленные предприятия и т. д.

Практическое использование солнечной энергии в космонавтике началось в 1958 году на искусственных спутниках Земли (ИСЗ) СССР, США, которые имели солнечные батареи.

Характеристики космических солнечных батарей (СБ), применяемых в настоящее время, весьма разнообразны. Удельная масса панельных СБ составляет 5–10 кг/м², причем около 40 % массы приходится на полупроводниковые элементы, а остальное на конструкцию. Как показывают исследования, использование материалов на основе бора и углерода позволит уменьшить массу конструкций в 2 раза.

КСЭС, как и первая АЭС, необходима, причем главный смысл ее эксплуатации – натуральное изучение способов беспроводной передачи энергии на сверхдальние расстояния, изучение влияния этого процесса на окружающую среду, оптимизация параметров станции. Тем более, что современное состояние техники позволяет существенно

улучшить все показатели беспроводной линии передачи энергии с помощью СВЧ – излучения.

УДК 620.9

СОЗДАНИЕ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПРОИЗВОДСТВА ГЛИНЯНОГО КИРПИЧА НА ПРУП «МИНСКИЙ ЗАВОД СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ»

М.М. Савко

Научный руководитель В.Н. РОМАНЮК, канд. техн. наук, профессор

На сегодняшний день, одним из важнейших путей снижения затрат энергоресурсов в промышленном производстве является путь, связанный с многократным использованием энергии. При этом наибольшие возможности имеют место в технологических процессах характеризующихся стабильным потреблением тепловой энергии относительно низкой температуры. Упомянутые процессы широко распространены в теплотехнологиях производства строительных материалов, в частности в производстве глиняного кирпича, на одной из стадий которого производится сушка при температуре 60–70 °С и нагрев кирпича перед обжигом при температуре 400–500 °С. В обоих случаях в качестве энергоресурса используется природный газ, сжигаемый в тепловентиляционных установках ТАУ для генерации сушильного агента и в технологических печах обжига кирпича. Главной особенностью указанных технологических нагрузок МЗСМ является их стабильность, как в течение суток, так и по сезонам.

Энергопотребление комплекса производства глиняного кирпича составляет 48 ГДж/ч, что порядка 70 % общего энергопотребления завода, из которых 25 % используется для генерации сушильного агента и 75 % для обжига кирпича.

Для обеспечения перечисленных тепловых операций целесообразно использовать отработанную энергию выхлопных газов газовых моторов, в которых высокопотенциальная энергия топлива используется для выработки электрической энергии. Такое решение позволяет экономить до 50 % топлива на каждой печи и полностью исключить из работы ТАУ. Кроме того, за счет тепла систем охлаждения газовых моторов вырабатывается горячая вода для нужд отопления и горячего водоснабжения предприятия, чем полностью замещается существующая котельная. Таким образом, создается реальная возможность получения собственной дешевой электроэнергии и снижения потребления топлива на технологические процессы. Это, несомненно, положитель-

но отразится на финансовом положении предприятия, так как снизится себестоимость продукции и повысится ее конкурентоспособность на рынке строительных материалов.

УДК 621.1

КРИТЕРИИ ПОДБОРА ПОЛИМЕРНЫХ ТРУБ ДЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ОТОПИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

М.Л. Зубковский, Е.И. Мылтасова

Научный руководитель М.А. ЯРМОЛЬЧИК

Существенным «подводным камнем» полимерных труб является наличие диффундирования (проникновения) молекул кислорода воздуха через стенку. Такое явление особенно опасно для закрытых систем отопления, где теплоноситель циркулирует по закрытому контуру и со временем всё более насыщается растворённым кислородом. Это крайне негативно влияет на состояние всех стальных элементов системы (котлов, радиаторов, насосов и проч.) из-за ускорения коррозии при повышенных температурах теплоносителя в присутствии растворённого кислорода. Этот процесс характеризуется коэффициентом газопроницаемости, который равен массе газа в мг, проникающей за 1 с через полимерную стенку толщиной 1 см и площадью поверхности 1 см^2 при разности давлений 0,1 МПа (10^{-6} бар) и температуре 0°C . У разных видов полимеров этот коэффициент находится в диапазоне от $9 \cdot 10^{-6}$ до $3 \cdot 10^{-12}$ мг/м²·с·бар. Это достаточно большие значения, поэтому актуальным для полимерных труб является создание диффузионной защиты (DD), которая в настоящее время не является совершенной.

Самым главным преимуществом полимерных труб является их стойкость к коррозии и зарастанию. Однако, срок службы ПП-труб велик (до 50 лет) только для невысоких температур. Для отопительных систем с температурами теплоносителя до 70°C (индивидуальные автоматизированные системы отопления, горячее водоснабжение) – 10–25 лет, а для центрального отопления с рабочими температурами до 95°C табличные значения не превышают 5 лет при невысоком коэффициенте запаса прочности – 1,25. Эти значения приведены для наиболее широко применяемой в настоящее время марки рандом сополимера – PP-R-80. К недостаткам, помимо ранее указанных: газопроницаемости; низкой несущей способности и термостойкости, можно добавить: большую вероятность механического повреждения при транспортировке, монтаже и эксплуатации; значительный (в 10–15 раз больший, чем у металлических труб) коэффициент теплового линейно-

го расширения – 0,15 мм/м·°С со всеми неприятными моментами отсюда вытекающими; неидеальные способы соединения труб (особенно малого диаметра); большой коэффициент светодеструкции – распад полимера под воздействием солнечных лучей; и иногда крайне неприятные случаи, вызванные так называемым Rat-фактором, – «гастрономическим неравнодушием» грызунов.

УДК 621.1

ОРГАНИЗАЦИЯ ГАЗОДИСПЕРСНОГО И ГАЗО-ЖИДКОСТНО-ДИСПЕРСНОГО ПОТОКА ДЛЯ ОЧИСТКИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Ю.С. Галузо, О.Е. Лускина, Т.С. Козлова

Научный руководитель М.А. ЯРМОЛЬЧИК

В мировой экономике на современном этапе на каждого жителя приходится ~50 м² активных поверхностей промышленных, строительных и прочих конструкций, подлежащих поверхностной обработке под различные виды коррозионно-устойчивых и других покрытий. Качество этих покрытий и срок их эффективного действия в значительной степени зависят от качества обработки поверхностей и их подготовки к покрытию. Увеличение срока службы защищающих покрытий активных поверхностей только на 10 % (что возможно, например, при улучшении среднего качества обработки поверхностей с ныне приемлемого в нашей республике SA 1...1,5 по шведскому стандарту (ISO 8501-1:1998) до SA 2...2,5) позволит уменьшить затраты на металл в пределах нашей республики не менее чем на 10 000 т/год, затраты на дорогостоящие покрытия – не менее 1 000 000 м²/год. Эта задача также в значительной степени актуальна и в теплоэнергетике, где применяются различные технологии очистки внутренних поверхностей труб и межтрубного пространства от накипи, отложений солей, иных неорганических и органических наслоений. Из технологий динамической очистки наиболее распространены в мировой практике пескоструйные, гидравлические и газотермические аппараты. Современные тенденции последних разработок и патентов (в том числе в развитых странах) главным образом заключаются во все большем увеличении кинетических энергий очищающих потоков, при этом затраты на их образование, как правило, увеличиваются.

Разработаны принципиальные схемы установки, реализующей технологию очистки загрязненных поверхностей, в зависимости от физико-химических свойств поверхностей и загрязнений. Показаны условия, при которых целесообразно применять разработанную установку

для работы в режиме газо-жидкостно-дисперсионной, термо-газовой или термо-газо-дисперсионной очистки. Рассмотрены и обоснованы условия подвода к операторскому агрегату газо-дисперсного, воздушного и топливного потоков.

В результате работы найдены оптимальные условия входа составляющих потоков. Показана необходимость организации газо-дисперсного потока с минимальными гидродинамическими сопротивлениями.

УДК 621.1

КРИТЕРИИ ПОДБОРА МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНЫХ ТРУБ ДЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ОТОПИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Е.В. Захожий, Е. В. Мойсей

Научный руководитель М.А. ЯРМОЛЬЧИК

Для устранения большинства недостатков ПП-труб при сохранении их неоспоримых достоинств создан слой, не пропускающий кислород-алюминий. Алюминиевый слой получают из ленты обкатыванием роликами до цилиндрической формы, а затем продольно сваривают ультразвуком или лазером. Сварка краев ленты бывает внахлест или встык (более качественная). Для полиэтиленовых слоёв обычно используют: полиэтилен ПЭ (PE), полиэтилен высокой плотности ПЭВП (PEHD, HDPE), сшитый полиэтилен СПЭ (PEX, XLPE). Обозначается такая труба обычно перечислением материалов слоев от внутреннего к наружному: например, PEX-AL-PE (внутренний слой из сшитого полиэтилена - слой алюминия – наружный защитный полиэтиленовый слой). Помимо металлопластиковых труб на рынке присутствуют, так называемые, «армированные трубы». В них тоже есть расположенная внутри алюминиевая оболочка (кстати, иногда перфорированная), но она не соединяется клеевым составом со слоями полимера. Достоинства таких труб перед полипропиленовыми – в улучшении прочностных качеств, в том числе и значительным уменьшением коэффициента теплового линейного расширения до 0,03 мм/м·°С, благодаря чему их можно использовать и для отопительных систем с рабочими температурами до 95 °С и номинальными рабочими давлениями 1,0; 2,0 и 2,5 МПа. Эти трубы фактически представляют собой всё те же ПП-трубы (тех же стандартных диаметров), покрытых алюминиевой оболочкой, которую часто перфорируют для создания прочного сцепления полимера и металла – при производстве пропилен в вязко-текучем состоянии затекает в частые и мелкие отверстия алюминиевого слоя. Поверх

армирующего слоя экструдировать очень тонкий слой полипропилена с единственной целью – защитой алюминиевой поверхности. Металло-полимерные трубы легко отличить от армированных ПП-труб, т.к. алюминиевый слой по поперечному сечению трубы всегда расположен посередине, а оба полимерных слоя – внутренний и наружный – одинаковы по толщине. Принципиальное же их отличие в том, что полиэтиленовые оболочки связаны с алюминиевой не механически, а специальным клеящим составом. Таким образом, ко всем положительным качествам дополняется еще одно – эффективный DD (защита от диффузии кислорода в теплоноситель).

УДК 621.74

ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОС В ДВИЖУЩИХСЯ РАСПЛАВАХ

А.Н. Лазовский

Научный руководитель Р.И. ЕСТЬМАН, д-р. техн. наук, профессор

Физическая картина процесса затвердевания металла при течении в полости формы отличается значительной сложностью. Вследствие теплового взаимодействия со стенками формы, происходит рост твердой корки на внутренней поверхности формы, (поверхности охлаждения), неравномерный разогрев формы потоком расплава, что оказывает существенное влияние на время и скорость затвердевания, а также на скорость охлаждения отливки. Одновременно может происходить частичный срыв образовавшейся корки потоком или ее подплавление. Эти факторы определяют существенное различие в условиях кристаллизации движущегося и неподвижного металла. По мере охлаждения (отвода теплоты в форму), концентрация твердой фазы растет, вязкость металла повышается, происходит затвердевание металла по всему сечению отливки.

Следует отметить, что характер течения металла в полости формы как при заполнении ее расплавом, так и в процессе питания отливки, зависит от механизма затвердевания. В условиях последовательного затвердевания движение жидкого металла происходит под действием разности давлений (внешнего и внутреннего) и гидравлического напора. В этих условиях в отливках в процессе затвердевания возможно образование усадочных раковин.

Таким образом, система дифференцированных уравнений движения должна включать: уравнение энергии, уравнение неразрывности, уравнение закона сохранения количества движения.

Решение системы дифференцированных уравнений (1–4) совместно с краевыми условиями позволяет определить закон распределения скоростей и изменения давления, скоростей охлаждения и затвердевания в потоке расплава в нестационарных условиях.

УДК 620.91

ПРОГРЕСС В ОБЛАСТИ МИРОВОЙ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ

С.С. Ковалев, И.Н. Прокопеня

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

Реальным подтверждением резкого ускорения в области мировой ветроэнергетики может служить сравнение установленной мощности в наиболее активных странах за последние два десятилетия.

Мировым фаворитом в 80-е и 90-е годы XX столетия были Соединенные Штаты, где в 1990 году действовали ветроэнергетические станции (ВЭС) суммарной мощностью 1487 МВт. США поэтому показателю более чем в 3 раза превосходили страны Европейского союза. Однако уже в 1995 г. установленная мощность ВЭС в Западной Европе на 1/3 превосходила мощность ветроагрегатов США (таблица в МВт).

Страна	1990 г.	2000 г.	2010 г. прогноз
ФРГ	57	6113	22000
США	1487	2500	5360 (2005 г.)
Дания	354	2000	5500
Испания	6	2100	15000
Индия	12	2800	4800 (2005 г.)
Страны ЕС	473	12943	75000

Из Европейских стран наиболее динамично развивают ветроэнергетику ФРГ и Испания. Серьезные намерения отмечаются у Индии.

В странах, имеющих морское побережье с глубинами до 30–50 м, ветроустановки продвигаются в направлении моря на расстоянии 3–30 км от берега. Здесь скорости ветра со стороны моря более высокие и стабильные. Отсутствие населенных пунктов позволяют увеличить скорость движения лопастей почти в два раза – с 65 м/с до 100 м/с.

Накопленный опыт эксплуатации ветроустановок и совершенствование их конструкции дают возможность увеличить среднюю мощность агрегатов с 500–600 кВт до 1 МВт и более. Это снижает прибли-

зительно на 10 % капиталовложения и стоимость вырабатываемой электроэнергии.

Отметим, что в 80-е прошлого столетия 1 кВт установленной мощности ВЭУ обходился и 3000 долларов, а вырабатываемая электроэнергия отпускалась по цене 20 цент/кВт ч. К началу XXI века капиталовложения составляли 800–1000 долл/кВт, а стоимость электроэнергии меняется от 2,5 до 6 центов за 1 кВт ч.

УДК 620.92

ПЕРСПЕКТИВЫ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

С.А. Крылович

Научный руководитель Р.И. ЕСЬМАН, д-р техн. наук, профессор

Водород, самый простой и легкий из всех химических элементов, можно считать идеальным топливом. Он имеется всюду, где есть вода. При сжигании водорода образуется вода, которую можно снова разложить на водород и кислород, причем этот процесс не вызывает никакого загрязнения окружающей среды. Водородное пламя не выделяет в атмосферу продуктов, которыми неизбежно сопровождается горение любых других видов топлива: углекислого газа, окиси углерода, сернистого газа, углеводородов, золы, органических перекисей и т. п. Водород обладает высокой теплотворной способностью: при сжигании 1 г. водорода получается 120 Дж тепловой энергии, а при сжигании 1 г. бензина – только 47 Дж.

Водород – синтетическое топливо. Его можно получать из угля, нефти, природного газа либо путем разложение воды. Согласно оценкам, сегодня в мире производят и потребляют около 20 млн. т. водорода в год. Половина этого количества расходуется на производство аммиака и удобрений, а остальное – на удаление сер из газообразного топлива, в металлургии, для гидрогенизации угля и других топлив. В современной экономике водород остается скорей химическим, нежели энергетическим сырьем.

Небольшое количество водорода получают путем электролиза. производство водорода методом электролиза воды обходится дороже, чем выработка его из нефти, но оно будет расширяться и с развитием атомной энергетики станет дешевле. Вблизи атомных электростанций, можно разместить станции электролиза воды, где вся энергия, выработанная электростанцией, пойдет на разложение воды с образованием водорода. Большое внимание уделяют термолитическому методу, который заключается в разложении воды на водород и кислород при температуре 2500 °С.

БИОМАССА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПЛАНТАЦИЙ ДЛЯ ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Ю.И. Карнова

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

В мировой практике осуществлено несколько проектов, в которых энергогенерирующие предприятия снабжаются биотопливом, выращиваемым на специальных плантациях. Эти плантации размещаются на высвобождающихся сельскохозяйственных землях.

Плантации засаживаются быстрорастущими породами деревьев. Для средних широт выращивают тополь осинообразный, орех, иву, сосну ладанную. В зоне тропического климата хорошо растет эвкалипт. Энергетической биомассой может служить высокоурожайная слоновая трава, камыш. Культивация растений с применением удобрений и полива на плантациях позволяет увеличить прирост биомассы в 4–6 раз по сравнению с естественными мхами и получать до 16–20 тонн сухого вещества с гектара.

Дальнейшая переработка выращенной биомассы может быть различной. В Бразилии, например, электростанция мощностью 30 МВт работает по схеме парогазового цикла. Подсушенная щепа из эвкалипта газифицируется. Очищенный и сжатый генераторный газ сжигается в камере сгорания ГТУ. Продукты сгорания проходят через котел-утилизатор паротурбинного контура.

Ива для переработки на щепу и дальнейшего сжигания на ТЭЦ мощностью 10–30 МВт выращивается в Швеции на заболоченных площадях (16 тыс. га) и в Великобритании (324 га).

В штатах Иллинойс и Оклахома (США) выращивается высокоурожайная трава из которой затем прессуют пеллеты и сжигают в котлах ТЭС совместно с углем, замещая таким образом часть ископаемого топлива и сжигая вредные выбросы.

СЕКЦИЯ 6. Экономика и организация энергетики

УДК 338.45:620.9(476)

СКАНДИНАВСКИЙ ОПЫТ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО ЭНЕРГОРЫНКА

А.М. Заборовский

Научный руководитель Л.П. ПАДАЛКО, д-р экон. наук, профессор

Пример развития электроэнергетики Скандинавских стран является наглядной иллюстрацией последовательного перехода от технической интеграции ЭЭС, к экономической интеграции и созданию единого энергетического регионального рынка. На первом этапе (1963–1992 гг.) страны Скандинавии в течение тридцати лет использовали преимущества синхронной работы энергосистем в рамках организации NORDEL (NORDEL – энергообъединение, включающее энергосистемы Дании, Финляндии, Норвегии и Швеции), которая позволяла достичь надежного электроснабжения и оптимального использования суммарных энергоресурсов. В 1993 г., следуя в русле общеевропейской тенденции либерализации и экономической интеграции национальных энергорынков, в Норвегии учреждается первая в мире международная товарная биржа, специализирующаяся на торговле электрической энергией, – Nord Pool. Первоначально, в торговле участвовали только Норвегия и Швеция. В 1998 году к Nord Pool присоединились Финляндия, а в 2000 – Дания. Непременным условием экономической интеграции энергорынков является создания институтов единого рынка и унификация принципов функционирования энергосектора стран-участниц. В Скандинавских странах проблема создания единой правовой основы функционирования Nord Pool была решена следующим образом: установление правовых основ деятельности биржи находится в компетенции Парламента Норвегии, а Норвежский Директорат по водным ресурсам и энергетике является независимым регулирующим органом биржи.

Общий скандинавский рынок электрической энергии имеет ряд характерных особенностей:

- унифицированы правила торговли;
- отсутствуют трансграничные пошлины на покупку и продажу электрической энергии;
- есть возможность совершать оплату за электроэнергию в валюте любой страны-члена общего рынка.

Принципы функционирования Nord Pool полностью соответствуют новой Европейской Директиве по энергетике 2003/54/ЕС. Достижение

её главной цели – образование единого общеевропейского энергорынка будет возможно лишь при последовательной технической, а затем и экономической интеграции региональных европейских энергетических рынков.

УДК 620.9.004.18

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СИСТЕМЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДА

С.Г. Морозов

Научный руководитель Л.П. ПАДАЛКО, д-р экон. наук, профессор

Энергосбережение является приоритетным направлением в реализации энергетической политики нашей республики. Это положение закреплено в Законе РБ «Об энергосбережении». В условиях ограниченного количества собственных энергоресурсов и роста цен на импортируемое топливо увеличение суммарного эффекта от потребляемой энергии в технологических процессах приведет к снижению эксплуатационных затрат. Так, эффект от внедрения энергосберегающих мероприятий в УП «Минский водоканал» составил 3412 т у.т.

Доля электроэнергии в общей сумме эксплуатационных расходов объектов водоснабжения и водоотведения в зависимости от местных условий достигает до 40 %. Это обстоятельство требует разработок эффективных мероприятий, способствующих снижению доли энергозатрат в себестоимости одного кубометра воды. К ним относятся: установка приборов теплового учета, эксплуатация частотно-регулируемого электропривода на насосных станциях, использование вторичных энергоресурсов. Основным технологическим оборудованием систем водоснабжения и водоотведения является насос с электроприводом. Электроэнергия, потребляемая насосными агрегатами, зачастую расходуется нерационально, что находит свое выражение в завышенном значении напора воды в некоторых некритичных точках сети. Экономический эффект от применения регулируемого электропривода возрастает и за счет снижения трудозатрат дежурного и ремонтного персонала, уменьшения количества аварий и связанных с ними потерь. На 2004 год запланировано внедрение частотно-регулируемых приводов суммарной мощностью 12,8 МВт. Объем экономии предположительно составит 7,57 тыс. т у.т.

Перспективным направлением является использование горючего газа (биогаза) в виде топлива для местных котельных. Однако это связано со значительными финансовыми затратами на систему утилизации и требует дополнительных расчетов сроков окупаемости. Таким

образом, мы имеем несколько возможных направлений усовершенствования системы водоснабжения городов с точки зрения экономии энергии. Критерием их отбора является не только стоимость, но и возможное влияние на структуру топливно-энергетического баланса предприятий водоснабжения и водоотведения в сторону снижения объемов потребляемой электроэнергии.

УДК 338.45:620.9(476)

ЕВРОПЕЙСКИЙ ОПЫТ ИНТЕГРАЦИИ НАЦИОНАЛЬНЫХ ЭНЕРГОРЫНКОВ

А.М. Заборовский

Научный руководитель Л.П. ПАДАЛКО, д-р экон. наук, профессор

Существование наднациональных органов, решения которых являются обязательными для всех государств-членов Европейского Союза, а также последовательная энергетическая политика объясняют тот факт, что именно страны ЕС в наибольшей степени продвинулись на пути интеграции национальных энергорынков. Нам представляется важным подчеркнуть принципиальное различие между технической интеграцией энергосистем (что имеет место, напр., и в Союзе Беларуси и России), и созданием общих энергорынков, т. е. экономической интеграцией энергосистем.

Техническая интеграция ЭЭС подразумевает переход к синхронному режиму работы, преимущества которого хорошо известны и связаны с наличием эффекта масштаба в энергетике. Экономическая интеграция энергорынков – это более сложный и комплексный процесс создания институтов и унификации принципов функционирования энергосектора, характерной чертой которой является обязательное открытие национального энергорынка для конкуренции. В частности, страны ЕС обязаны открыть свой рынок электроэнергии для всех компаний Европейского Союза, которые, в свою очередь, готовы предлагать услуги в энергетике для промышленных потребителей и домашних хозяйств. Безусловно, полноценной конкуренции в электроэнергетике не может быть без сильных межсистемных связей между ЭЭС, поэтому техническая интеграция – необходимое, но не достаточное условие для экономической интеграции, и тем более не сводится к последней.

Для стран-членов ЕС необходимым правовым фундаментом для более тесной интеграции энергорынков является Европейская Директива 2003/54/ЕС об общих правилах для внутреннего рынка электроэнергии, которая была принята 26 июня 2003 г., и аннулировала Дирек-

тиву 1996/92/ЕС. В соответствии с новым законодательством, энергетический рынок государств ЕС должен быть открыт полностью по такой схеме:

2004 г. – полное открытие рынков газа и электроэнергии для промышленных потребителей;

2007 г. – полное открытие рынков газа и электроэнергии для домашних хозяйств.

УДК 620.9.004.18

ТЕРМОЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РАБОТЫ ПРЕДПРИЯТИЯ

А.А. Яскевич

Научный руководитель И.А. БОКУН, д-р техн. наук, профессор

Деньги выполняют роль посредника, обеспечивающего обмен товарами и услугами. Однако в природе нет денег. Поэтому энергия (и негэнтропия), а не деньги должна стать единицей измерения и оценки.

В основу экономической термодинамики положено уравнение 1-го закона термодинамики

$$Q = \Delta u + Az'\Delta p,$$

но входящие в него величины другие: Q – полные затраты труда при продукции $\Delta u = z'\Delta p + p\Delta z'$; z' – «вектор» величины удельных затрат расширенном воспроизводстве; Δu – прирост затрат труда на выпуск

общественно необходимого труда; $A = \frac{z'_K}{z'}$ – коэффициент фондоемкости; z'_K – стоимость средств производства, необходимых для прироста единицы производственной мощности; $Az'\Delta p$ – дополнительные затраты общественно необходимого труда.

Уравнение экономического состояния производства

$$pz' = RT,$$

где T – численность производственного персонала; R – количество труда, израсходованного на создание p потребительских стоимостей товара

Энтропией экономического процесса называют меру потерь общественного богатства

$$S = \frac{Q}{T}.$$

Энтропия процесса увеличивается с ростом фондоемкости

$$\Delta S = (1 - A)C_p \ln \frac{p_2}{p_1},$$

где C_p – затраты общественно необходимого труда при постоянном объеме выпуска продукции.

Оценка допустимых капиталовложений на прирост единицы производственной мощности

$$(1 - A) \ln \frac{p_2}{p_1} + \ln \frac{z_2'}{z_1'} < 0.$$

Общественно-экономическая формация достигает максимального эффекта в управлении общественным производством, если обеспечивается максимальный для данных условий неубывающий темп роста полезной мощности, имеющейся в распоряжении общества.

УДК 657.22

ПРИБЫЛЬ НЕОБХОДИМО ЭФФЕКТИВНО ИСПОЛЬЗОВАТЬ, А НЕ ДЕЛИТЬ НА ФОНДЫ

А.П. Тычина, А.С. Крентик

Научный руководитель Т.Ф. МАНЦЕРОВА, канд. экон. наук, доцент

Прибыль предприятия – это собственный капитал его учредителей и трудового коллектива.

Приказом министра промышленности РБ от 30.01.2004 № 52 утвержден состав и порядок заполнения годового бухгалтерского отчета за 2003 год организациями, подчиненными Минпрому. В соответствии с этим приказом названные организации обязаны отчитаться о распределении и использовании чистой прибыли по 9 видам фондов: 1) резервным фондам, созданным в соответствии с законодательством; 2) резервам, образованным согласно учредительным документам; 3) фонду накопления; 4) фонду развития производства; 5) фонду строительства жилья; 6) фонду развития социальной сферы; 7) фонду потребления; 8) фонду пополнения собственных оборотных средств; 9) отчислениям в размере 6 % валового дохода для предприятий, занимающихся торговлей (кроме комиссионной).

Ни в одной зарубежной стране нет такого количества фондов в отчетности субъектов хозяйствования. В заключение обращаем внимание, что согласно ст. 62 Закона РБ “О предприятиях” “прибыль, остающаяся у предприятия после уплаты налогов и других платежей в бюджет (чистая прибыль), поступает в полное его распоряжение. Предприятие самостоятельно определяет направления использования чистой прибыли, если иное не предусмотрено уставом. Государствен-

ное воздействие на выбор направлений использования чистой прибыли должно осуществляться через налоги, налоговые льготы, а также экономические санкции”. Хотелось бы, чтобы органы государственного управления соблюдали процитированные положения Закона. Не только потому, что предприятия и организации распорядятся своей чистой прибылью более эффективно, но и потому, что закон есть закон.

Литература

1. Журнал «Главный бухгалтер». – 2004 – № 11 – С. 87–89.

УДК 657.22

СЧЕТ 73 «РАСЧЕТЫ С ПЕРСОНАЛОМ ПО ПРОЧИМ ОПЕРАЦИЯМ»

Н.В. Лис, Н.П. Хальцова.

Научный руководитель Т.Ф. МАНЦЕРОВА, канд. экон. наук, доцент

На счете 73 «Расчеты с персоналом по прочим операциям» обобщается информация о всех видах расчетов с работниками организации, кроме расчетов по оплате труда и расчетов с подотчетными лицами.

К счету 73 «Расчеты с персоналом по прочим операциям» могут быть открыты субсчета: 73-1 «Расчеты по предоставленным займам»; 73-2 «Расчеты по возмещению материального ущерба» и другие.

На субсчете 73-1 «Расчеты по предоставленным займам» отражаются расчеты с работниками организации по предоставленным им займам (например, индивидуальное и кооперативное строительство, приобретение или строительство садовых домиков и благоустройство садовых участков, обзаведение домашним хозяйством и др.).

По дебету счета 73 «Расчеты с персоналом по прочим операциям» отражается сумма предоставленного работнику организации займа в корреспонденции с кредитом счетов 50 «Касса» или 51 «Расчетный счет». На сумму платежей, поступивших от работника-заемщика, счет 73 «Расчеты с персоналом по прочим операциям» кредитруется в корреспонденции с дебетом счетов 50 «Касса», 51 «Расчетный счет», 70 «Расчеты с персоналом по оплате труда» (в зависимости от принятого порядка платежа).

На субсчете 73-2 Расчеты по возмещению материального ущерба учитываются расчеты по возмещению материального ущерба, причиненного работникам организации в результате недостач и хищений денежно-материальных ценностей, брака, а также по возмещению других видов ущерба.

В дебет счета 73 «Расчеты с персоналом по прочим операциям» суммы, подлежащие взысканию с виновных лиц, относятся с кредита

счетов 94 «Недостачи и потери от порчи ценностей» и 98 «Доходы будущих периодов» (за недостающие товарно-материальные ценности), 28 «Брак в производстве» (за потери от брака продукции) и др.

По кредиту счета 73 «Расчеты с персоналом по прочим операциям» записи производятся в корреспонденции с дебетом счетов: учета денежных средств – на суммы внесенных платежей; 70 «Расчеты с персоналом по оплате труда» – на суммы удержаний из сумм по оплате труда;

94 «Недостачи и потери от порчи ценностей» – на суммы списанных недостач при отказе во взыскании ввиду необоснованности иска.

УДК 257.22

РАЗДЕЛЬНЫЙ УЧЕТ ЗАТРАТ ДЛЯ КАЛЬКУЛИРОВАНИЯ СЕБЕСТОИМОСТИ И ДЛЯ ЦЕЛЕЙ НАЛОГООБЛОЖЕНИЯ

А.Е. Гуд, А.В. Ванькович

Научный руководитель Т.Ф. МАНЦЕРОВА, канд. экон. наук, доцент

В качестве традиционной и стандартной базы распределения косвенных затрат между отдельными видами продукции в большинстве отраслей промышленности страны традиционно применяется заработная плата основных производственных рабочих. На практике это приводит к различному пониманию отдельного учета затрат бухгалтерскими службами организаций и различными органами, контролирующими формирование цен и тарифов и расчеты организации с бюджетом.

Использование каждой новой базы (признака) распределения затрат приводит к совсем иным результатам в сумме фактических косвенных затрат в себестоимости конкретных видов продукции по видам деятельности. Так как понесенные затраты нельзя отнести прямо на себестоимость конкретных видов продукции, работ, услуг или на конкретные виды деятельности, то любое распределение общей суммы затрат между ними не будет обеспечивать достоверность фактической себестоимости. Можно лишь говорить о достоверности фактической себестоимости продукции и суммы затрат в целом по организации, но не в разрезе отдельных видов продукции, работ, услуг или видов деятельности.

В условиях отсутствия жестко установленных нормативными документами баз распределения косвенных затрат между видами продукции и видами экономической деятельности организация имеет полное право самостоятельно устанавливать в своей учетной политике

базу распределения затрат, начиная от основной заработной платы (по видам продукции, работ, услуг) и заканчивая выручкой от реализации (по видам деятельности). На наш взгляд, в качестве базы распределения общехозяйственных и общепроизводственных расходов по видам деятельности следует использовать любой удобный с точки зрения простоты использования признак распределения: прямые затраты, размер выручки, полученной от каждого вида деятельности в общей сумме выручки, заработную плату производственных рабочих, прямые материальные затраты и т. п., с обязательным закреплением выбранной базы распределения в учетной политике организации.

УДК 658.14

ОЦЕНКА ПЛАТЕЖЕСПОСОБНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Е.В. Лукашик

Научный руководитель Т.Ф. МАНЦЕРОВА, канд. экон. наук, доцент

В настоящее время для всех предприятий Республики Беларусь достаточно остро встает вопрос оценки платежеспособности. Для такой оценки используются коэффициент текущей ликвидности, коэффициент промежуточной и абсолютной ликвидности. В законе о банкротстве речь идет о коэффициенте текущей ликвидности, как о критерии финансово-экономического состояния предприятия. Однако, есть некоторые недостатки такой оценки. Во-первых, финансовое состояние предприятия определяется только на начало и только на конец отчетного или прогнозируемого периода. Отсутствие промежуточной информации в бухгалтерском балансе между отчетными данными не дает возможность оценить предприятие за период. Во-вторых, на многих предприятиях распространено ведение разных видов бизнеса, например, производство продукции, торговля, транспортные услуги. Вследствие чего коэффициент текущей ликвидности может быть только смешанным. В-третьих, платежеспособность предприятия представляет собой способность отвечать по всем долгам и обязательствам в данный момент времени, включая и долгосрочные. Можно говорить о том, что с первой даты отчетного периода и к моменту погашения долги и обязательства сначала накапливаются, образуя накопленный долг. Вместе с этим долгом должен накапливаться и платежный ресурс предприятия, состоящий исключительно из собственных денежных средств. Но, как известно, собственный капитал предприятия можно разделить по форме на – денежный и неденежный. Соответственно, для устранения платежного дисбаланса необходимо увеличить денежную часть собственного капитала. Это возможно, при реализации час-

ти собственного капитала в неденежной форме, при росте цен на выпускаемую продукцию, при снижении затрат, при размещении дополнительных акций и их оплаты денежными средствами. Отсюда видно, что финансовая устойчивость предприятия постоянно находится под воздействием внешних и внутренних факторов. К внешним факторам можно отнести возможность привлечения инвесторов, налоговую политику, конкурентоспособность, к внутренним – постоянный выбор между оплатой кредиторской задолженности, выплатой доходов, создание собственных источников для дальнейшего развития и экономического роста.

УДК 620.9:658

МЕТОДЫ ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПЕРСОНАЛА ЭНЕРГОПРЕДПРИЯТИЙ

А.Е. Гуд, А.П. Тычина

Научный руководитель А.И. БАРАННИКОВ

Качественная реализация планов ремонтных и эксплуатационных работ находится в непосредственной зависимости от «человеческого фактора», то есть требует от эксплуатационного персонала все более жесткого соблюдения трудовой и производственной дисциплины. Но в действительности зачастую происходит наоборот, т. е. регистрируется все больше случаев халатного отношения к своим обязанностям, пренебрежения служебными инструкциями, прямого неподчинения требованиям начальника и тому подобные случаи нарушения дисциплины, которые могут привести к созданию аварийных ситуаций, чреватых крупными производственными потерями и человеческими жертвами.

На основании практического опыта можно выделить следующие основные группы причин нарушения дисциплины.

- Производственно-технологические.
- Социально-экологические и экономические.
- Субъективные (социально-психологические и личностные).

Ничуть не умаляя значения первых двух групп причин, которым посвящена основная доля публикаций, мы в данной работе основное внимание уделим третьей группе, так как в потенциально аварийных ситуациях устойчивость персонала к стрессу является одним из важнейших факторов позитивного решения проблемы.

Стрессоустойчивость зависит от множества факторов, связанных с физическим и психологическим состоянием работника, но во многом от личных, эмоционально-непосредственных отношений: взаимных

симпатий и антипатий людей, авторитетности или не авторитетности, складывающихся внутри микро коллектива из трех-четырех диспетчеров. Для повышения устойчивости к стрессу необходимо в первую очередь оценить внутригрупповые отношения, а затем с помощью специальных процедур усилить положительные тенденции и ослабить или свести на нет отрицательные. Осуществить все это можно с помощью проведения тренингов различных форм: открытых, корпоративных или специальных модульных систем, включающих несколько тренингов и семинаров.

УДК 657.22

УЧЕТ ПОСТУПЛЕНИЯ НЕМАТЕРИАЛЬНЫХ АКТИВОВ

Ж.Н. Волкович, И.Н. Моисейченко

Научный руководитель Т.Ф. МАНЦЕРОВА, канд. экон. наук, доцент

Нематериальные активы представляют совокупность не имеющего вещественной формы оцениваемого имущества, используемого предприятием в хозяйственной деятельности в течение длительного периода. К ним относятся: патенты, лицензии, товарные знаки, знаки обслуживания, франшиза, ноу-хау, имущественные права, права на изобретения, на промышленные образцы и на пользование природными ресурсами, права по авторским и лицензионным договорам для создания новых программных обеспечений. Организационные расходы и стоимость деловой репутации предприятия исключены из состава нематериальных активов.

Таблица 1 – Записи на счетах бухгалтерского учета по приобретению нематериальных активов

Вид поступления	Покупка		Безвозмездно		Вклад учредителей		Создание	
	Дебет счета	Кредит счета	Дебет счета	Кредит счета	Дебет счета	Кредит счета	Дебет счета	Кредит счета
Хозяйственные операции								
Поступление объектов	08/6	60 (76)	08/6	98	08/6	75/2	08/6	10 (23, 70)
Ввод объекта в эксплуатацию	04	08/6	04	08/6	04	08/6	04	08/6
Начисление износа	20	05	20	05	20	05	20	05
Учет износа как доходы текущего периода	–	–	98	92	–	–	–	–

Объекты нематериальных активов оцениваются в бухгалтерском учете по рыночной стоимости, по стоимости затрат по их изготовлению, экспертной стоимости. Оприходование нематериальных активов производится на основании соответствующих документов: свидетельств на право пользования ими, патентов, лицензий, актов приемки работ по разработке программного обеспечения, протоколов о внесении нематериальных активов в качестве вкладов в уставный капитал предприятия и согласования их стоимости и др.

УДК 620.9

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПЕРЕВОДА ПРОМЫШЛЕННО-ОТОПИТЕЛЬНЫХ КОТЕЛЬНЫХ В МИНИ-ТЭЦ

Е.В. Цимбалиук, Ю.В. Дербина

Научный руководитель И.Н. СПАГАР, канд. техн. наук, доцент

Нами проведён анализ более 450-ти промышленно-отопительных котельных, единичная мощность которых 10 Гкал и более. Выделено около 170 данных объектов, на которых установка паровых турбогенераторов будет иметь наибольший эффект, т. е. число часов использования установленной электрической мощности составит не менее 7000 часов. На данных котельных возможно устанавливать турбогенераторы единичной мощностью от 0,4 до 3,5 МВт.

В силу большого списка таких котельных, данные были обработаны и сведены по областям, что показано в таблице 1.

Таблица 1

№ п./п.	Область	Экономически выгодная установленная мощность, МВт	Годовая выработка электроэнергии, млн. кВт*ч	Экономия топлива т.у.т.
1	Брестская	28,1	196,7	31472
2	Витебская	27,7	193,9	31024
3	Гомельская	21,4	149,8	23968
4	Гродненская	27,5	192,5	30800
5	Минская	53,1	371,7	59472
6	Могилёвская	20,6	144,2	23072
Итого		178,4	1248,8	199808

Из таблицы видно, что в целом по республике установка турбоагрегатов малой мощности на котельных суммарной мощностью около 178 МВт позволит сэкономить порядка 200 000 т.у.т. по сравнению с

замещающей схемой (Лукомльская ГРЭС). В среднем на 1 кВт установленной мощности приходится около 400...450 долларов США, тогда полные инвестиции составят порядка 71,12...80,1 миллионов долларов США. В целом эффективность инвестиций составит от 0.14 до 0.125, что больше нормативного коэффициента эффективности, который составляет $E_n = 0,12$.

УДК 620.9

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ НА ЭНЕРГИЮ

Ю.П. Шкадун

Научный руководитель В.Н. НАГОРНОВ, канд. экон. наук, доцент

Ценообразование на энергию является сферой государственного регулирования в электроэнергетической отрасли. В действующих ныне тарифах на электрическую и тепловую энергию имеются серьёзные недостатки, которые могут быть устранены в рамках существующей системы ценообразования в энергетике с изменением в законодательные и нормативные акты.

Предлагаемые принципы и подходы при формировании тарифов:

- 1) учет рыночных ограничений в тарифах на микроэкономическом уровне через показатели альтернативных систем энергоснабжения;
- 2) принцип гибкого распределения затрат и топлива в комбинированном процессе между производством теплоты и электроэнергии;
- 3) принцип распределения экономического эффекта теплофикации между энергосистемой и потребителями энергии;
- 4) принцип учета в тарифах на энергоносители нормативных и сверхнормативных потерь энергии в процессах её генерации и транспорта;
- 5) принципы учета в тарифах на энергоносители экологических затрат и ущербов, обусловленных энергоснабжением;
- 6) дифференциация тарифов на энергию по зонам графика нагрузки.

Предлагается также внедрение многоставочных тарифов на тепловую энергию, которые будут рассчитаны по формуле:

$$T_{мэ} = \frac{Z_{унз} + П_1}{N_{уст}} + \frac{Z_{монл} + П_2 + H}{ПО},$$

где $Z_{унз}$ – условно-постоянные затраты на отпуск тепловой энергии; $П_1$ – минимально необходимая прибыль, приходящаяся на основную

плату; $N_{уст}$ – установленная тепловая мощность энергосистемы; $Z_{топл}$ – затраты на топливо на отпуск тепловой энергии; $П_2$ – прибыль, приходящаяся на дополнительную плату; H – налоги и сборы с выручки; $ПО$ – полезный отпуск тепловой энергии потребителям.

Полученная в результате внедрения рыночных подходов система тарифов на энергию может быть законодательно закреплена и использована при расчетах с потребителями в целях получения максимально-го макроэкономического эффекта энергоснабжения.

УДК 657.22

СПОСОБЫ НАЧИСЛЕНИЯ АМОРТИЗАЦИИ

Я.Л. Сушкевич, С.В. Ермоленко

Научный руководитель Т.Ф. МАНЦЕРОВА, канд. экон. наук, доцент

В настоящее время начисление амортизации на предприятиях производится на основании Положения о порядке начисления амортизации по основным средствам и нематериальным активам одним из следующих способов:

1. линейный способ;
2. нелинейный способ:
 - 2.1. суммы чисел лет,
 - 2.2. уменьшаемого остатка;
3. производительный способ.

При линейном способе годовая сумма амортизации определяется из амортизационной стоимости объекта и срока его полезного использования (СПИ) путем умножения амортизационной стоимости на принятую годовую норму амортизации.

При использовании метода суммы чисел лет, годовая сумма амортизации определяется на основании отношения, в числителе которого число лет, остающихся до конца СПИ, а в знаменателе – сумма чисел лет СПИ. Используя метод уменьшаемого остатка, годовая сумма амортизации рассчитывается исходя из определяемой на начало отчетного года недоамортизированной стоимости и нормы амортизационных отчислений, исчисленных при помощи СПИ, и коэффициента ускорения.

При производственном способе амортизация начисляется, исходя из амортизационной стоимости объекта и отношения натуральных показателей объема продукции, выпущенной в текущем периоде, к установленному ресурсу объекта.

Пример. Предприятие приобрело копировально-множительный аппарат стоимостью 724 000 руб., СПИ которого 4 года. Сумма чисел лет

составляет 10 лет. Коэффициент ускорения равен 2. Ресурс объекта, т. е. предполагаемый объем копий 34 600 шт. За отчетный период произведено 400 шт. копий.

При начислении амортизации линейным способом месячная сумма износа составила 15 083 руб.; методом суммы чисел – $A_1^{мес} = 24\,133$ руб.; методом уменьшаемого остатка – $A_1^{мес} = 30\,917$ руб.; производительным способом – $A_1^{мес} = 8\,370$ руб.

Производительный способ считается наиболее эффективным, так как именно он наиболее полно отражает понятие амортизации, т. е. процесс переноса стоимости основных средств на готовую продукцию. К тому же, сумма износа за первый месяц минимальна – 8 370 руб., что для предприятия, несомненно, является выгодным.

УДК 620.9

СБАЛАНСИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПОКАЗАТЕЛЕЙ И СТРАТЕГИЯ КОМПАНИИ НА РЫНКЕ

Н.А. Черноусик

Научный руководитель В.Н. НАГОРНОВ, канд. экон. наук, доцент

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 существо-

вание 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

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОИСПОЛЬЗОВАНИЯ

А.Г. Ефименко

Научный руководитель В.Н. НАГОРНОВ, канд. экон. наук, доцент

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.

Анализ энергоэкономических показателей позволяет исследовать закономерности развития энергохозяйства предприятий во времени и проводить сравнительные сопоставления уровней эффективности их функционирования. Это даст возможность оценить степень энергоиспользования, выявить скрытые резервы экономии топлива и энергии, наметить пути дальнейшей рационализации энергетики по предприятию.

Анализ энергоэкономических показателей проводится 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 620.9

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ КАДРАМИ

Т.В. Густиневич

Научный руководитель Е.В. ЯЧНАЯ

Проблема подготовки и формирования кадров была, есть и будет актуальной. Мировая наука этой проблеме уделяет особое внимание, и те государства, которые строят кадровую политику на научной основе, за последние годы добились высоких результатов в решении задач экономического и социального развития.

Программы социально-экономического развития Беларуси на среднесрочную перспективу является система мероприятий по ее выполнению. В системе мероприятий предусматривается государственный заказ на подготовку и переподготовку квалифицированных рабочих и специалистов.

Процесс непосредственного прогнозирования на макроуровне, на уровне отраслей, регионов и субъектов хозяйствования проводится специализированными органами в составе центральных органов управления, аппарата соответствующих министерств, исполнительных комитетов, органов хозяйственного управления предприятий и организаций.

Отраслевое прогнозирование (мезоуровень) обеспечивается соответствующими министерствами, в составе которых функционируют прогнозно-экономические управления. Региональные органы планирования и управления разрабатывают программы кадрового обеспечения и прогнозы потребности в кадрах областей, районов, городов с учетом территориальных особенностей трудоустроенности, условий и направлений хозяйственного развития регионов.

Плановые органы субъектов хозяйствования (микроуровень) составляют программы развития производственного персонала, разраба-

тывают прогнозы потребности в кадрах на основе бизнес-планов с учетом перспективного спроса на продукцию и услуги и представляют их по подчиненности в отраслевые или региональные органы управления.

Таким образом, механизм реализации кадровой политики представляет собой систему планов, норм и нормативов, организационных, административных, социальных, экономических и иных мероприятий, нацеленных на решение кадровых проблем и удовлетворения потребностей в персонале.

УДК 620.9

ПРОБЛЕМЫ КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ

Т.В. Густинович

Научный руководитель Е.В. ЯЧНАЯ

Создание производства мирового класса всегда связано с людьми, которые работают на предприятии. Правильные принципы организации производства, оптимальные системы и процедуры играют, конечно же, важную роль, но реализация всех возможностей, заложенных в новых методах управления, зависит уже от конкретных людей, от их знаний, компетентности, квалификации, дисциплины, мотивации, способности решать проблемы, восприимчивости к обучению.

Не менее важным является долгосрочное планирование кадровой политики фирмы.

В большинстве компаний отделы кадров или службы управления человеческими ресурсами больше привыкли заниматься планированием численности работников на предприятиях. Их главная задача – добиться, чтобы на предприятии или в организации было столько работников, сколько должно быть в соответствии со штатными расписаниями.

Система работы с кадрами должна быть спланирована таким образом, чтобы постоянно добиваться увеличения в составе рабочей силы предприятия тех людей, кто обладает хорошими знаниями, и следить за тем, чтобы таких работников становилось все больше в каждом подразделении.

Желательно проводить анализ факторов внешней среды, чтобы убедиться в том, что имеется предложение определенных профессий для комплектования личного состава такими служащими, каких еще нет в штате организации.

В результате прогноза спроса и предложения на трудовые ресурсы любая организация может выяснить число людей, в которых она нуждается, уровень их квалификации и расстановку кадров.

В итоге может быть разработана согласованная кадровая политика, включающая системы набора, подготовки, совершенствования и оплаты кадров, а также политика отношений между администрацией и работниками.

УДК 620.9

СНИЖЕНИЕ РИСКА КОМПАНИЙ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИХ СВОЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ НА НЕФТЯНОМ РЫНКЕ РБ

Н.А. Черноусик

Научный руководитель В.Н. НАГОРНОВ, канд. экон. наук, доцент

Перед менеджерами компаний, действующих на нефтяном рынке РБ, стоит не только проблема изыскания денег для закупки нефти, но и снижение уровня риска, повышение прибыли и увеличение роста благосостояния акционеров. Для сохранения доступа к рынкам нефти в изменчивой финансовой среде современный менеджмент обязан сбалансировать риски колебания цен на нефть, процентных ставок, а иногда и курсов валют. Финансовые рынки изобрели множество инструментов, помогающих управлять такими рисками. Наиболее применимы четыре типа финансовых инструментов снижения риска компаний, рекомендуемых при покупке нефти на рынке: форвардные контракты; фьючерсные контракты; опционы; свопы.

Форвардные контракты – это соглашения, в соответствии с которыми компания производитель обязуется продать часть или всю нефть, которую она добудет в будущем. Фьючерсные контракты продаются только на товарных биржах. Покупателю и продавцу нет необходимости знать друг друга, поскольку на обеспечение требуемой финансовой безопасности работают биржевые правила. Цель фьючерсного рынка – зафиксировать цену или должным образом изменить ее, а не гарантировать определенные объемы поставок. При осуществлении торговых операций на бирже партиями нефти используются опционы. Бывают опционы на продажу «пут» и на покупку «колл». Опцион «колл» – это право купить нефть по установленной цене, приуроченной к определенной дате. Опцион «пут», напротив, – право продать нефть по фиксированной цене на оговоренную дату. Свop – гибкий инструмент, являющийся договоренностью между двумя сторонами об обмене какими-либо базовыми активами на определенный период времени.

В полном виде освоение работы на бирже для белорусских компаний дело будущего, так как требует наличие биржи (филиала) в регионе или брокера на действующих биржах. В настоящее время нефтяны-

ми компаниями на белорусском рынке зачастую используется упрощенная форма сделки (своп), когда закупка партии нефти осуществляется на деньги, вырученные от продажи еще невыработанных из нее нефтепродуктов по ценам сложившимся на момент заключения контракта.

УДК 339.166:620.9

О РАЗРАБОТКЕ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР УПРАВЛЕНИЯ И НОРМАТИВОВ ЧИСЛЕННОСТИ ФИЛИАЛОВ ЭНЕРГОСБЫТ

И.А. Лизунов

Научный руководитель А.И. ЛИМОНОВ канд. экон. наук, доцент

В связи с разделением филиалов Энергонадзор на филиалы, выполняющие надзорные и сбытовые функции, в концерне Белэнерго разработаны и готовятся к утверждению рекомендуемые организационные структуры управления и нормативы численности филиалов Энергонадзор и Энергосбыт. Управление сбытом энергией осуществляется на трех уровнях: энергосистемы, филиала электрических сетей (межрайонное отделение) и района электрических сетей (районный сбытовой участок).

На основании опыта работы Бресткой и Гродненской Энергосистем, в которых функции сбыта с конца 80-х годов были переданы в сетевые филиалы, было предложено следующее. Для всех энергосистем на нижнем уровне управления сбытовые подразделения передаются в состав РЭС. На уровне энергосистемы, наоборот, там где уже разделены функции надзора и сбыта, целесообразно воссоздание полноценных филиалов Энергосбыт, так как ограничения на численность аппарата управления не позволяют сформировать полноценные структуры управления сбытом энергии. Так как такие ограничения отсутствуют на промежуточном уровне управления, то в зависимости от сложившихся условий возможно как сохранение (организация) межрайонных отделений, так и передача (сохранение) функций сбыта в сетевые филиалы. Нормативная численность персонала используется для определения составляющей заработной платы в тарифах на энергию в целом по РБ и для планирования затрат на оплату труда по энергосистемам. Численность персонала филиала Энергосбыт, выполняющего основные функции (сбыт энергии, прогнозирование потребления энергии, ремонт приборов учета) определяются в зависимости от статистически подотчетных показателей, находящихся вне сферы влияния нормируемого персонала. Численность персонала, выполняющего

функциональные и обслуживающие функции – в зависимости от нормативной численности упомянутого выше персонала.

УДК 620.9

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ Р-0,25-13/6/3

М.М. Козлова, И.Н. Михайлова

Научный руководитель И.Н. СПАГАР, канд. техн. наук, доцент

В марте прошли испытания парового турбогенератора Р-0,25-13/6/3. Были получены технико-экономические показатели турбины, энергетическая характеристика и диаграмма режимов турбины.

Энергетическая характеристика турбины Р-0,25-13/6/3

$$Q_{\text{эз}} = 0,1754 + 0,024N_{\text{э}} + Q_m \text{ ГДж},$$

где $Q_{\text{эз}}$ – часовой расход тепла на турбину, ГДж; 0,1754 – часовой расход тепла на холостой ход, ГДж; 0,024 – относительный прирост тепла, ГДж/кВтч; $N_{\text{э}}$ – электрическая мощность турбогенератора, кВт; Q_m – часовой отпуск теплоты из отборов турбины, ГДж/ч.

Диаграмма режимов турбогенератора Р-0,12/6/3, построенная по опытным данным

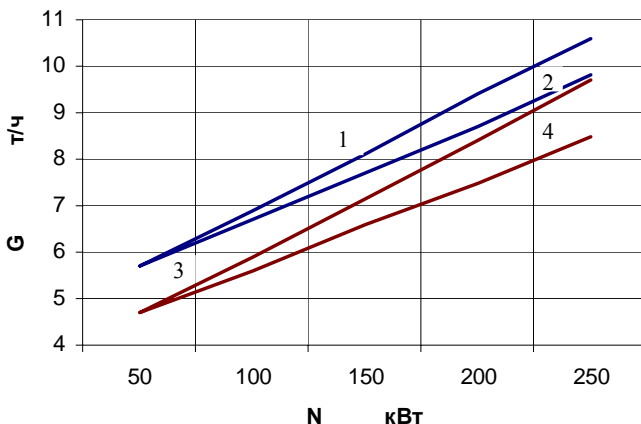


Рисунок 1 – Зависимость мощности от расхода: 1 – $p_2 = 3$ ата; $G_{\text{отб}} = 0$; 2 – $p_2 = 3$ ата; $G_{\text{отб}} = 4$ т/ч; 3 – $p_2 = 2$ ата; $G_{\text{отб}} = 0$; 4 – $p_2 = 2$ ата; $G_{\text{отб}} = 4$ т/ч;

УЧЕТ ДВИЖЕНИЯ ОСНОВНЫХ СРЕДСТВ ПО ПЛАНУ СЧЕТОВ-2004

С.А. Казакова, Ю.В. Кандрухина

Научный руководитель Т.Ф. МАНЦЕРОВА, канд. экон. наук, доцент

Под основными средствами понимается совокупность вещей, сохраняющих свою натуральную форму и используемых организацией в хозяйственной деятельности в течение длительного периода.

При любом поступлении имущества, затраты учитываются на счете 08 «Вложения во внеоборотные активы», что отражается записями:

Д-т 08-4 – К-т 60,76 – приобретены объекты основных средств у поставщиков, произведены расходы по доставке имущества в организацию сторонними организациями;

Д-т 18-1 – К-т 60,76 – отражен выставленный НДС;

Д-т 60,76 – К-т 51 (52) – произведена оплата за приобретенные основные средства;

Д-т 08-4 – К-т 23 – произведена доставка имущества собственным транспортом;

Д-т 01 – К-т 08-4 – ввод в эксплуатацию основных средств;

Д-т 18-1 – К-т 68 – начислен НДС от фактической себестоимости доставки собственным транспортом.

Основные средства учитываются на синтетическом счете 01 «Основные средства», который является активным и предназначен для учета движения основных средств, принадлежащих организациям на правах собственности, полученных в аренду, доверительное управление.

Для учета выбытия объектов основных средств (продажа, списание, безвозмездная передача) к счету 01 открывается субсчет «Выбытие основных средств». Остаточная стоимость объекта списывается с кредита счета 01, субсчет «Выбытие основных средств», в дебет 91 «Операционные расходы и доходы», при безвозмездной передаче – в дебет 92 «Внерелизационные доходы и расходы» и др.

На счете 01 не отражается информация о наличии и движении вложений организации в часть имущества, здания, помещения, оборудование и другие ценности, предоставляемые организацией во временное пользование с целью получения дохода. Для учета такого имущества, сдаваемого в аренду, в лизинг, на прокат и т. д., предназначен счет 03 «Доходные вложения в материальные ценности».

Оценка и отражение движения основных средств зависят от каналов их поступления и выбытия.

ЭНЕРГОЕМКОСТЬ БЕЛОРУССКОЙ ЭКОНОМИКИ

Ю.Ф. Метлова

Научный руководитель Е.А. КРАВЧУК

В экономической стратегии страны одной из наиболее важных является проблема повышения эффективности общественного производства на основе его всесторонней интенсификации, важнейшим фактором которой является энергосбережение

Низкая обеспеченность Беларуси собственными топливно-энергетическими ресурсами (ТЭР), значительная зависимость от зарубежных поставок (около 85 % ТЭР республика импортирует), произошедшие в последние годы структурные изменения в экономике Беларуси и ее энергетическом секторе потребовали углубленного анализа тенденций энергоемкости страны и определения факторов, обуславливающих динамику ее изменения.

Базовой характеристикой эффективности использования энергоресурсов на уровне страны является энергоемкость валового внутреннего продукта.

Мировая практика показывает, что на уровень энергоемкости ВВП влияют следующие основные взаимосвязанные факторы: уровень экономического развития, характер экономического роста, цена энергии, структура энергопотребления, фазы цикла экономического развития, отраслевая структура экономики, обеспеченность энергоресурсами.

Одним из основных показателей, характеризующих уровень экономического развития страны, служит величина ВВП на душу населения. Исследования зарубежных экономистов и опыт Беларуси в последние годы свидетельствуют о том, что зависимость между энергоемкостью ВВП и ВВП на душу населения носит обратно пропорциональный характер. Чем выше в стране ВВП на душу населения, тем эффективнее использование ТЭР и ниже энергоемкость ВВП.

Даже незначительное замедление темпов экономического развития объективно снижает приоритет инвестиций в энергосбережение. Это связано с тем, что в условиях ухудшения финансового состояния субъектов хозяйствования и замедления темпов роста производства большинство предприятий на практике проводит политику не развития, а выживания, когда соображения энергоэффективности отходят на второй план. Как известно, основными источниками финансирования мероприятий по энергосбережению являются собственные средства предприятий, средства отраслевых инновационных фондов и средства инновационного фонда концерна «Белэнерго».

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ АСКУЭ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ МЯСОМОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

А.Г. Ефименко

Научный руководитель В.Н. НАГОРНОВ, канд. экон. наук, доцент

В настоящее время существует несколько альтернативных подходов к созданию АСКУЭ, которые отличаются не только набором контролируемых энергоресурсов, но и структурой построения системы учёта. Поэтому предполагается внедрение совершенной децентрализованной АСКУЭ, предусматривающей практически неограниченную масштабируемость по видам энергии и количеству точек учёта, а также возможность интеграции с существующими или внедряемыми параллельно автоматизированными системами и обеспечивающей полный, оперативный, долгосрочный, коммерческий и технический энергоучет всех видов энергоресурсов предприятия.

Необходимо отметить, что 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.

Внедрение АСКУЭ на предприятиях, перерабатывающих мясомолочную продукцию, показало, что основными составляющими эффекта являются: договорная, фиктивная составляющая; тарифная составляющая; режимно-тарифная составляющая; технологическая составляющая; бесхозная 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 энерго-

потребления в условиях альтернативности тарифов, снижать долю энергозатрат в себестоимости продукции.

УДК 657.22

ТИПИЧНЫЕ ОШИБКИ, ДОПУСКАЕМЫЕ ПРИ ОТРАЖЕНИИ ОПЕРАЦИЙ ПО СЧЕТУ “РЕАЛИЗАЦИЯ”

Н.В. Авдеева, Е.П. Шкилюк

Научный руководитель Т.Ф. МАНЦЕРОВА, канд. экон. наук, доцент

Конечный финансовый результат хозяйственной деятельности предприятий представляет собой сумму финансовых результатов от реализации продукции, работ, услуг, товаров, основных средств и других материальных ценностей. Согласно новому плану счетов бухгалтерского учета на предприятиях возможно применение одного из двух вариантов определения выручки от реализации продукции (работ, услуг) и признания прибыли: либо по мере оплаты покупателям расчетных документов (стоимости отгруженной продукции), либо по мере отгрузки и предъявления покупателю (заказчику) расчетных документов.

Проводимые аудиторские и налоговые проверки соблюдения налогового законодательства предприятий различных сфер деятельности выявляют типичные ошибки, связанные с отражением в учете объема реализации товаров, работ, услуг. Специалисты налоговой службы приводят ситуации, в которых субъекты хозяйствования наиболее часто допускают ошибки:

– если обязательство покупателя по оплате за приобретенные товары (работы, услуги), а продавца – по истребованию долга переводится на других лиц путем заключения договоров уступки требования или перевода долга, предусматривающих денежную форму расчетов, то учет выручки должен осуществляться по мере расчетов с новым должником. При этом выручку следует отражать на основании акта сверки расчетов;

– реализация продукции (работ, услуг) отражается субъектами хозяйствования по поступлению выручки, но не позднее 60 дней со дня отгрузки продукции (выполнения работ, услуг), если эта выручка не востребована в законном порядке;

– при совершении товарообменной операции датой исполнения товарообменной операции является дата совершения каждой отгрузки товара, оформленной отдельным товаросопроводительным документом (таможенной декларацией, накладной и пр.), либо дата выполне-

ния каждого этапа работ, оформленного отдельным актом приёмки-сдачи выполненных работ. Товар, полученный субъектом хозяйствования по товарообменному контракту, должен приходоваться по учётной цене отгруженного товара.

УДК 620.9

КОНКУРЕНТНОЕ ПРЕИМУЩЕСТВО НА РЫНКЕ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

Н.А. Черноусик

Научный руководитель В.Н. НАГОРНОВ канд. экон. наук, доцент

При разработке стратегии позиционирования нефтепродуктов на рынке используются их сравнительные конкурентные преимущества для его эффективного продвижения. Формирование стратегии – это всегда выбор из нескольких вариантов. Выбор стратегии определяется целями предприятия или фирмы на рынке; набором сравнительных конкурентных преимуществ продукта и содержанием ключевой компетентности фирмы; условиями рынка, на котором предстоит действовать фирме.

Конкуренция один из существенных признаков рынка, форма взаимного соперничества субъектов маркетинговой системы и механизма регулирования осуществленного производства. В маркетинге нефти и нефтепродуктов такой целью является максимизация прибыли за счет завоевания предпочтений потребителей. Смысл конкурентной борьбы заключается в завоевании конкретных потребителей, пользующихся услугами конкурентов, а не в действиях против предприятий-соперников. Но, чтобы выиграть в конкурентной борьбе, нужно обладать определенным преимуществом на рынке, уметь создать факторы превосходства над конкурентами в сфере потребительских характеристик товара (нефтепродуктов) и средств его продвижения на рынке.

Распознавание, определение характера, признаков, выявление причин отклонений в состоянии конкурентной среды на рынке нефтепродуктов осуществляется с помощью диагностики, которая является средством, методом и инструментарием всестороннего исследования маркетинговых и, а частности, конкурентных отношений. Как отрасль знаний диагностика, включает в себя теорию и методы организации процессов диагноза, а также принципы построения средств диагноза, классификацию возможных отклонений характеристик конкурентной среды.

Главными направлениями обеспечения конкурентного преимущества фирмы являются: концентрация ресурсов фирмы для упреждения

действий конкурентов, удерживание инициативы в конкурентной борьбе, обеспечение ресурсного потенциала для достижения поставленных целей, разработка гибкой системы планирования деятельности фирмы на рынке, путем обоснования эффективной стратегии взаимодействия с конкурентами.

УДК 620.9

ЗАЩИТА НАЦИОНАЛЬНЫХ ИНТЕРЕСОВ БЕЛОРУССКИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ НА ВНЕШНЕМ РЫНКЕ

Н.К. Коховец

Научный руководитель Е.А. КРАВЧУК

Вопросы конкурентоспособности национальной экономики, выбор способов продвижения продукции на внешний рынок и механизмов защиты интересов национальных производителей всегда доминируют во внешнеэкономической политике государства.

Защита интересов национальных производителей – составляющая экономической безопасности государства, которая рассматривается как важнейшая, качественная характеристика экономической системы, определяющая ее способность поддерживать нормальные условия жизнедеятельности населения, устойчивое обеспечение ресурсами народного хозяйства, а также последовательную реализацию государственных интересов.

Защита национальных интересов на внешнем рынке представляет собой совокупность внутренних и внешних условий, благоприятствующих эффективному динамичному росту национальной экономики, ее способности удовлетворять потребности общества, государства, индивида, обеспечивать конкурентоспособность на внешних рынках, гарантирующую от различного рода угроз и потерь.

В экономической сфере защищенность национальных интересов определяется стабильностью получения или воспроизводства природных, технико-технологических, инфраструктурных, социальных и других факторов макро- и микро- экономического развития, обладанием внутренним иммунитетом к разного рода дестабилизирующим воздействиям.

Защита интересов белорусских предприятий на внешнем рынке – проблема комплексная, поэтому решать ее следует во взаимосвязи со многими вопросами, особенно с учетом того, что необходимо обеспечить защиту ресурсов (материальных, интеллектуальных, информационных, правовых) производственно-хозяйственных комплексов, кото-

рые должны гарантировать стабильность работы предприятий в существующих условиях. Вхождение Беларуси в мировую систему экономических связей сопряжено с обострением конкурентной борьбы на рынке товаров, услуг и инвестиций. Поэтому, чтобы сохранить роль активного участника мировой экономики, Беларусь должна использовать имеющиеся национальные конкурентные преимущества и обеспечить рост эффективности производства и конкурентноспособности отечественных товаропроизводителей.

УДК 620.9:658

ОСОБЕННОСТИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ЭНЕРГЕТИКЕ

С.Г. Морозов

Научный руководитель Е.А. КРАВЧУК

Инвестиционный фактор развития энергетики предполагает наличие детально проработанных проектов по трем важнейшим направлениям, а именно: надежность энергоснабжения – экономичность электропотребления – охрана окружающей среды. Выполнение данных критериев обеспечивает стабильное развитие системообразующей отрасли. Однако следует понимать, что не только от стабильного развития энергетического хозяйства зависит нормальное функционирование сегментов экономики, но и своевременные расчеты с энергосистемой за поставляемые мощности во многом определяют состояние самой энергетики.

Особенности инвестиционных процессов в энергетике детерминированы спецификой отрасли:

- капиталоемкость строительства новых и реконструкции действующих мощностей
- долгосрочный характер планирования капиталовложений и жесткая привязка к прогнозированию объемов электропотребления
- энергетика является инфраструктурной частью экономики (без ее продукции не может функционировать ни один сектор народного хозяйства)

Необходимость привлечения значительных средств, сконцентрированных в определенном временном интервале, обуславливает заемный характер аккумулируемых инвестиций. Так, финансирование инвестиционных проектов энергетического комплекса Беларуси на общую сумму 60 млн. USD осуществляется Белросбанком. В настоящее время Кувейтским Фондом Арабского Экономического Развития решается вопрос о выделении кредита объемом 30 млн. USD для реконструкции

Минской ТЭЦ-3. Вариант самофинансирования энергетической отрасли требует включения в структуру тарифов инвестиционной составляющей при равномерном распределении капитальных затрат на действующие объекты системы.

Интенсификация инвестиционных процессов в белорусской энергетике возможна в случае создания рыночной среды в отрасли через реорганизацию комплекса и развитие конкурентных отношений. Данная задача является функцией времени.

УДК 65.01

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Н.И. Климович

В современных условиях хозяйствования руководство предприятий стремится сохранить прочность и повысить эффективность своей деятельности. Помочь решить вставшие перед ними экономические проблемы, а также рационализировать затраты должен инструментарий контроллинга, который находится на стыке экономического анализа, теории принятия решений, теории систем, математического, информационного и организационного моделирования.

Контроллинг – это система управления предприятием, в основе которой лежит стремление достичь поставленных целей и обеспечить долгосрочное эффективное существование бизнеса, включающая в себя текущий сбор и обработку информации, осуществление функций контроля отклонений фактических показателей деятельности предприятия от плановых, а так же, что наиболее важно, подготовку рекомендаций для принятия управленческих решений.

Таким образом, контроллинг служит «поставщиком управленческой информации, которая должна расширить масштабы видения проблемы и перейти на другой уровень ее осмысливания». Для этого на предприятии необходимо построение информационной системы – процесса непрерывного целенаправленного подбора соответствующих информативных показателей, необходимых для осуществления анализа, планирования и подготовки эффективных управленческих решений по всем аспектам финансово-хозяйственной деятельности.

В информационной системе происходит трансформация прогнозной информации в плановую, которая утверждается в качестве плановых заданий, представляющих собой результат процесса планирования, являющегося в свою очередь частью общего управленческого процесса. Кроме того, информационная система предоставляет для

изучения данные по ранее сформированным планам, фактические данные и сведения по отклонениям между ними.

Важнейшим элементом информационной системы предприятия является система информационных потоков, так как существует минимальный объем информации, без которого эффективное управление невозможно. Информация, которая собирается в системе контроллинга для обработки и анализа как средство уменьшения неопределенности, должна быть: своевременной, достоверной, релевантной (существенной), полезной, полной, понятной и регулярной.

Необходимо заметить, что в системе контроллинга наиболее важное место отводится требованию релевантности, а все остальные требования к информации в рамках контроллинга играют подчиненную роль. Несущественная информация, даже если она вполне достоверна, не может помочь в принятии эффективных решений; в то же время существенная, но достоверная лишь на 95 %, – может оказаться для руководителя необходимой.

Требованию релевантности, как правило, удовлетворяет лишь та информация, которая непосредственно связана с принимаемым решением. Это могут быть следующие сведения: условия, в которых принимается решение; целевые критерии; набор возможных альтернатив; последствия принятия каждой из альтернатив.

Система сбора контроллинговой информации опирается на существующую систему информационных потоков предприятия и должна быть органично встроена в нее.

Информационные потоки, когда ими не занимаются специально, далеки от совершенства: может происходить дублирование информации, она может не доходить до адресата, бывает и такое, что после получения информации могут потребоваться уточнения. Отсюда вытекает необходимость совершенствования системы информационных потоков, изменения алгоритмов прохождения документов, автоматизации передачи информации.

Возможен вариант, когда сама общая система информационных потоков не выдерживает критики: документы проходят слишком медленно; никто не отвечает за документ в целом, а только лишь за его часть. В таком случае не имеет смысла встраивать подсистему контроллинга, которая должна работать хорошо, в систему, которая работает плохо, так как тогда и система контроллинга будет работать плохо, поскольку она опирается на информацию из общей системы. Кроме того, разобравшись в системе информационных потоков предприятия, можно обнаружить множество узких мест, лишних звеньев, которые можно устранить.

Следовательно, в рамках работы по внедрению системы контроллинга происходят перестройка и оптимизация всей существующей системы информационных потоков на предприятии. И только при условии четкого и слаженного функционирования системы информационных потоков на предприятии система контроллинга может выполнять одну из основных своих задач – обеспечивать информационную поддержку принятия управленческих решений.

СЕКЦИЯ 7. Электротехника

УДК 621.316.176

РАСЧЁТ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКИХ УСТАНОВОК С НЕЭФФЕКТИВНЫМИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Е.В. Рябцева

Научный руководитель Л.И. СОНЧИК, канд. техн. наук, доцент

Проблема рационального использования топливно-энергетических ресурсов – одна из наиболее актуальных как в нашей стране, так и за рубежом. Важная роль отводится рациональной эксплуатации электро-термических установок [1].

Одним из способов повышения эффективности использования электроэнергии в установках является снижение энергии, расходуемой на нагрев футеровки и конструкций в рабочем пространстве установки [2].

Потери электроэнергии вследствие использования неэффективных теплоизоляционных материалов рассчитываются по формуле

$$\Delta W = \frac{(\bar{\lambda}_n - \bar{\lambda}_э)}{d} (t_{внутр} - t_{внеш}) \tau,$$

где $\bar{\lambda}_n$ и $\bar{\lambda}_э$ – среднеарифметическое значение коэффициента теплопроводности неэффективного и эффективного теплоизолятора соответственно; $t_{внутр}$, $t_{внеш}$ – температура внутренней и внешней поверхности теплоизоляционного слоя; τ – время работы установки; F , d – площадь поверхности и толщина теплоизоляционного слоя

Коэффициенты теплопроводности внутренний и внешний поверхности теплоизоляционного слоя рассчитывается по формуле:

$$\lambda_{вн} = \lambda_0 + kt_{вн},$$

где λ_0 , k – коэффициенты, принимаются по справочным данным.

Метод расчета потерь электроэнергии может быть использован для оценки эффективности работы электротермических установок.

Литература

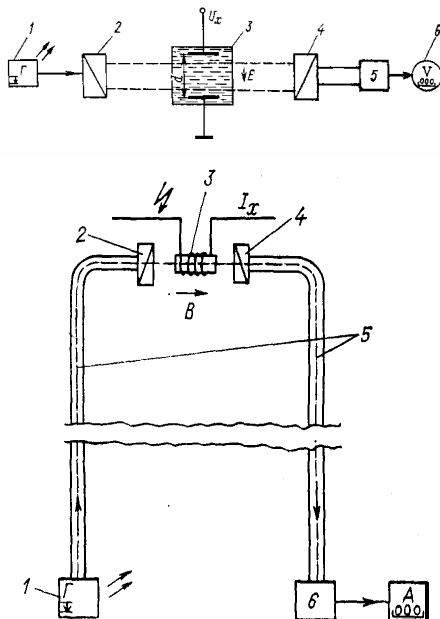
1. Минеев Р.В., Михеев А.П., Рыжнев А.Л. Повышение эффективности электроснабжения электропечей. М.: Энергоатомиздат, 1986. – 208 с.
2. Кривандин В.А., Марков Б.Л. Металлургические печи. М.: Metallurgia, 1977. – 464 с.

ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ НЕСТАНДАРТНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ

А.И. Сушков, Д.А. Ковалевич

Научный руководитель С.В. ДОМНИКОВ, канд. техн. наук, доцент

В наше время перспективными являются электрооптические методы измерения токов и напряжений, основанные на преобразовании измеряемых электрических величин в параметры оптического излучения и применении оптических каналов связи для передачи измерительной информации из зоны высокого напряжения на низковольтную часть измерительного устройства. Преимуществами этих методов являются высокое быстродействие, защищенность от электромагнитных помех, а также надежная естественная электрическая изоляция между высоковольтной и вторичной измерительными цепями вследствие их полной электрической развязки. Методы измерения основаны на использовании электрооптических и магнитооптических эффектов, главным образом электрооптических эффектов Керра и Поггеля – для измерения напряженности электрического поля и напряжения, а также магнитооптического эффекта Фарадея – для измерения токов.



Интенсивность светового потока (J_2) на входе фотоприемника 5(6), которая в соответствии с законом Малюса равна

$$J_2 = J_1 \cos(\varphi + \Theta),$$

где J_1 – интенсивность света на входе поляризатора 2; φ – угол между поляризатором 2 и анализатором 4; Θ – угол поворота плоскости поляризации.

С помощью оптических устройств теперь возможно выполнять измерения сверхвысоких (до 10 МВ) напряжений и больших постоянных, переменных и импульсных токов (порядка 1 МА).

УДК 621.316.35

ИНТЕРНЕТ ЧЕРЕЗ ЭЛЕКТРОСЕТИ ИЛИ РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ «ПОСЛЕДНЕЙ МИЛИ»

В.В. Каланда, Д.В. Яковенко

Научный руководитель Г.В. ЗГАЕВСКАЯ

На сегодняшний день известно множество попыток использования в качестве физической среды для обмена данными «неприспособленные» провода. Так, например, уже много лет используется оперативная связь между объектами энергосистемы по линиям электропередач высокого напряжения. Однако, проблематичным остаётся пока вопрос применения низковольтной электросети для альтернативного обмена любой информацией (включая Internet) между пользователями персональных компьютеров (ПК), производственными и бытовыми потребителями. И поэтому актуальным является исследование этой проблемы.

Одно из направлений — это построение среды для информационного обмена между приборами контроля и управления системы домашней автоматики. Элементы этой проектируемой локальной сети – это базис для создания комфортной, автономной, безопасной и энергосберегающей системы управления будущего. С появлением же новых способов передачи информации пересматривается концепция домашней системы безопасности, включающей широкий спектр датчиков.

Увеличение числа ПК в доме требует появления дешёвых и удобных средств для объединения ПК и периферийных устройств в единую сеть, когда прокладка новых проводов недопустима или нецелесообразна. Отдельной проблемой являются многочисленные коммутационные процессы, которые меняют структуру сети, генерируют различного рода помехи, такие как межсимвольная интерференция прямого/задержанного сигналов, частотно-избирательное отражение сигнала.

лов, «размытые» входные импульсы и т. п. Позднее появился ещё целый ряд различных схем модуляции, отличающихся элементной основой и принципами функционирования. Достигнутый уже на сегодняшний день уровень качества и скорости передачи данных (до 10 Мбит/с) позволяет надеяться на скорый переход от опытных разработок к стационарным установкам массового применения на всём постсоветском пространстве при условии решения проблемы «последней мили», т. е. качественного функционирования добротной распределительной электросети с мощной системой управления и мониторинга.

УДК 621.311

ВОПРОСЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

П.О. Жуков, В.Г. Сенкевич

Научный руководитель О.И. АЛЕКСАНДРОВ, канд. техн. наук, доцент

Поскольку энергетика республики Беларусь зависит от импорта энергоносителей (импортируется 90 % нефти, 95 % угля, 25 % электроэнергии), а местные виды топлива (торф, дрова) занимают незначительную часть в энергобалансе, то одним из решений энергетической проблемы является использование альтернативных источников энергии.

С учётом природных, географических и климатических условий предпочтение следует отдать малым гидроэлектростанциям, ветроэнергетическим установкам, биоэнергетическим установкам, установкам для сжигания отходов растениеводства и бытовых отходов, гелиоводоподогревателям.

Наиболее значительный объём электроэнергии может быть получен при строительстве каскада ГЭС на реках Западная Двина и Неман. Эти гидроэлектростанции при относительно небольшой площади затопления пойменных территорий позволят получить до 800 млн. кВт·ч электроэнергии в год при установленной мощности около 240 МВт.

В Беларуси среднегодовая скорость ветра не превышает 4,1 м/с. Поэтому Беларусь не обладает достаточным энергетическим потенциалом для создания мощных ветроэлектростанций. Использование ветроэнергетических установок в республике может быть эффективным для автономных потребителей в сельской местности. Перспективно их использование для привода насосных установок.

Энергию солнца выгоднее непосредственно аккумулировать и использовать в виде тепла. Для этих целей применяют гелиосистемы.

В республике Беларусь ежегодно накапливается 2,4 млн т твёрдых бытовых отходов с потенциальной энергией в 470 тыс. т у.т., которые направляются на свалки и мусороперерабатывающие заводы.

Применение биоэнергетических установок по переработке отходов животноводства позволяет существенно улучшить экологическую обстановку вблизи крупных животноводческих комплексов. Можно получать высококачественные органические удобрения и за счёт производства биогаза обеспечить экономию в 116 тыс. т у.т. в год. Получение энергии из отходов осуществляется их сжиганием и газификацией.

Литература

1. Основы энергосбережения: цикл лекций \ Под ред. Н.Г. Хутской. – Мн.: Техналогия, 1999. – 100 с.

УДК 681.7.068

МАЛОГАБАРИТНЫЙ ИСТОЧНИК ВОЗБУЖДЕНИЯ ПЬЕЗОКЕРАМИЧЕСКОГО РЕЗОНАТОРА С ТАЙМЕРОМ

М. Масюкович, И. Лагун, А. Иванов, Я. Бельмач

Научный руководитель Г.А. МИХАЛЬЦЕВИЧ

В настоящее время пьезокерамические резонаторы находят самое широкое применение [1, 2] в качестве элементов перемещения, нагрева и др. Для использования их требуются источники возбуждения с максимальным выходным напряжением в несколько сотен вольт и частотой от нуля до сотен килогерц. Для достижения наибольшей эффективности частота возбуждения выбирается равной одной из резонансных частот пьезоэлемента. Т. к. добротность пьезоэлемента достаточно высока (~300), то требуется высокая точность настройки задающего генератора или генератор должен быть снабжен устройством фазовой автоподстройки частоты. Такие генераторы содержат большее количество компонентов, и устройство получается сложным в изготовлении и крупногабаритным.

В данной работе предлагается схема малогабаритного источника возбуждения с таймером, содержащим всего три транзистора типа КТ819Г и одну микросхему-таймер КР1006ВИ1, на которой собран ждущий одновибратор, ограничивающий время работы источника. Схема источника автоматически настраивается на одну из резонансных частот пьезоэлемента благодаря LC -контур, подключенному к выходу генератора. В качестве емкости C используется сам пьезорезонатор. Напряжение на пьезоэлементе синусоидальное, амплитудное значение которого составляет 100–1000 В и зависит от величины то-

коограничивающего резистора в цепи питания. Напряжение источника питания может составлять 12 или 24 В. При переходе с одного источника напряжения на другой переключается число витков первичной обмотки выходного трансформатора. С помощью данного устройства можно, например, производить быстрый разогрев дизельного топлива в автомобилях. Размеры корпуса источника 105x90x45 мм.

Литература

1. Джагулов Р.Г., Ерофеев А.А. Пьезокерамические элементы в приборостроении и автоматике. – Л.: Машиностроение, 1986.
2. Пьезоэлектрические резонаторы: Справочник / Под ред. Кандыбы П.Е., Позднякова П.Г. – М.: Радио и связь, 1992.
3. Губин В.П., Карпенко В.А. Источник возбуждения пьезокерамического резонатора с автоматической настройкой частоты на резонанс // Приборы и техника эксперимента. – 1993.– № 6. – С. 145–149.

УДК 621.7.608

ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ ТРЕХФАЗНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ОТ ОДНОФАЗНОЙ СЕТИ С РЕГУЛИРОВКОЙ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ

Л.В. Богач, П.И. Семенович, Д.А. Козлов, Я.А. Бельмач
Научный руководитель Г.А. МИХАЛЬЦЕВИЧ

При необходимости плавно регулировать частоту вращения вала, чаще всего, применяют коллекторные электродвигатели, у которых эту операцию выполняют путем изменения напряжения питания или тока в обмотке возбуждения. При длительной работе щетки изнашиваются и их приходится заменять новыми. Кроме того, коллекторные электродвигатели излучают широкий спектр радиопомех. Асинхронные электродвигатели имеют значительно больший срок службы без ремонта и не излучают радиопомех, но их скорость вращения близка к частоте вращения магнитного поля

$$n_1 = \frac{60f_1}{p},$$

где f_1 – частота питающего тока, Гц; p – число пар полюсов статора.

В разработанном источнике питания имеется возможность регулировать в три раза частоту питающего тока (15–60 Гц) и соответственно скорость вращения вала электродвигателя.

В отличие от известных схем [1, 2] источников питания, предлагаемый источник имеет более экономичный блок управления шестью силовыми токовыми ключами на составных $n-p-n$ транзисторах.

Ток в их базы, в нужные моменты времени, поступает от управляемых стабилизаторов тока. Этим достигается уменьшение колебаний напряжения $U_{кэ}$ составных транзисторов в режиме насыщения и уменьшается рассеиваемая ими мощность. Применение управляемых стабилизаторов, кроме того, позволяет сократить время их работы и уменьшить потребляемую от блока питания общую мощность по цепи управления. К нему можно подключать асинхронные двигатели мощностью до 1,5 кВт.

Литература

1. Дубровский А. Регулятор частоты вращения трехфазных асинхронных двигателей // Радио. – 2001. – № 4. – С. 42–43.
2. Нарыжный В. Источник питания трехфазного электродвигателя от однофазной сети с регулировкой частоты вращения // Радио. – 2003. – № 12. – С. 35–37.

С о д е р ж а н и е

СЕКЦИЯ 1. Электрические системы.....	3
СЕКЦИЯ 2. Электрические станции	17
СЕКЦИЯ 3. Электроснабжение	64
СЕКЦИЯ 4. Тепловые электрические станции.....	76
СЕКЦИЯ 5. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника	82
СЕКЦИЯ 6. Экономика и организация энергетики	98
СЕКЦИЯ 7. Электротехника	128

Научное издание

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ

Тезисы докладов 60-й научно-технической
конференции студентов и аспирантов (апрель 2004 года)

Ответственный за выпуск П.И. Климкович

Подписано в печать 08.09.2004.

Формат 60x84 1/16. Бумага типографская №2.

Печать офсетная. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 7,9. Уч.-изд. у. 6,2. Тираж 200. Заказ 757.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Белорусский национальный технический университет.

Лицензия № 2330/0056957 от 01.04.2004.

220013, г. Минск, проспект Ф. Скорины, 65.