



Управление Алтайского края по промышленности и энергетике

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Алтайский государственный технический
университет им. И.И. Ползунова»

Алтайская торгово-промышленная палата

“СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ. АЛТАЙ – 2013”

Сборник статей I Международной научно-технической конференции

28 ноября 2013 года

г. Барнаул

Управление Алтайского края по промышленности и энергетике

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Алтайский государственный технический
университет им. И. И. Ползунова»

Алтайская торгово-промышленная палата

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ.
АЛТАЙ – 2013**

**Сборник статей
I Международной научно-технической конференции**

Изд-во АлтГТУ
Барнаул • 2013

УДК 621.31

Современные проблемы электроэнергетики. Алтай – 2013 [Текст] : сборник статей I Международной научно-технической конференции / Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2013. – 138 с.

ISBN 978-5-7568-1013-4

В сборнике представлены статьи ведущих специалистов в области электроэнергетики, а также ученых, преподавателей, докторантов, аспирантов, магистрантов, выпускников и студентов старших курсов высших учебных заведений Российской Федерации, Украины, Республики Казахстан, принявших участие в работе I Международной научно-технической конференции (НТК) «Современные проблемы электроэнергетики. Алтай – 2013» (СПЭА–2013).

Конференция посвящена памяти действительного члена Международной академии наук высшей школы, заслуженного работника высшей школы Российской Федерации, лауреата премии Правительства Российской Федерации в области образования, доктора технических наук, профессора, ректора АлтГТУ Хомутова Олега Ивановича.

Конференция состоялась 28 ноября 2013 г. в ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» на базе энергетического факультета и кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий» при участии Управления Алтайского края по промышленности и энергетике, Алтайской торгово-промышленной палаты и организационной поддержке Методической школы им. О. И. Хомутова.

Материалы изданы в авторской редакции.

Редакционная коллегия (составители):

С. О. Хомутов, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Электроснабжение промышленных предприятий» АлтГТУ;

В. И. Сташко, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий» АлтГТУ;

И. А. Гутов, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий» АлтГТУ (координатор конференции).

ISBN 978-5-7568-1013-4

© Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова, 2013

Содержание

Багаев А. А., Белый В. Б. Мониторинг качества электроэнергии как составляющая процесса энергосбережения.....	7
Бахтин Б. И., Колодченко М. В., Грибанов А. А. Специальная автоматика отключения нагрузки в Алтайской энергосистеме.....	10
Белицын И. В., Каторгин С. В., Тебенькова О. С. Способ выравнивания электрических параметров линии элек- тропередачи 500 кВ.....	13
Бельчикова Е. С. Ставка дисконтирования энергопроекта: проблемы опреде- ления и рекомендации для расчета	17
Блинов Н. А., Вольченко А. И., Попов А. Н. Разработка устройства для определения мест повреждения на воздушных электрических линиях в распределительных сетях на- пряжением 6–35 кВ.....	20
Борисов Б. В., Ворона Е. В. Распределительные трансформаторы 6 (10) кВ. Проблема качества электрической энергии в сетях 0,4 кВ. Исследование не- симметричной работы трансформаторов	24
Вагенлейтер А. В. Специфика внутрифирменного профессионального обучения сотрудников блока транспорта и учета электроэнергии на примере ОАО «МРСК Сибири» – «Алтайэнерго».....	28
Винтер Я. С., Мусин А. Х. Непрерывный контроль изоляции с использованием ис- точника зондирующих сигналов (ИЗС) в электрических сетях городов	32
Годецкая Т. Е., Грибанов А. А. Информативность методов функциональной и тестовой ди- агностики для определения технического состояния электродви- гателя.....	34
Гритчин К. В., Шалимов А. Е., Хомутов С. О. Комплексная система управления качеством электрической энергии.....	36
Гуськова А. И. Применение автономных систем освещения на базе солнеч- ных модулей для парковых зон	39

Гутов И. А. Информационно-программное обеспечение дисциплины «Электроэнергетические системы и сети».....	41
Дубинин В. В., Попов А. Н. Устройство контроля показателей качества электроэнергии в электрических сетях промышленного назначения напряжением до 1000 В.....	46
Еремочкин С. Ю. Исследование и расчет механической характеристики трех- фазного асинхронного короткозамкнутого электродвигателя, за- пуск и работа которого осуществляется от однофазной сети по- средством векторно-алгоритмической коммутации статорных обмоток	49
Жилинских Е. М., Капустин В. А. Анализ эффективности работы ветроэнергетических уста- новок совместно с дизельными электростанциями в системах автономного электроснабжения	52
Иванов В. М., Свит П. П., Сёмкин Б. В., Иванова Т. Ю., Бахтина И. А. Использование возобновляемых источников энергии в Алтайском крае	54
Климачёв А. Ю., Шарипов М. Д., Белицын И. В. Механический преобразователь колебательного движения в электрическую энергию	57
Комаричина Д. И., Попов В. В. Методика определения экономического режима работы трансформатора по условиям обеспечения минимальных потерь электроэнергии.....	60
Костюк К. С., Чернов С. С. Проблематика оценки эффективности инвестиций в схему теплоснабжения при ее разработке и выборе оптимального варианта	63
Лебедева А. А., Кожевникова К. В., Грибанов А. А. Сокращение потерь электроэнергии в распределительных сетях на основе использования современных технологий учёта и оценки параметров её качества.....	67
Ляховецкая Л. В. Аэродинамический гаситель колебаний проводов.....	70

Маляренко В. А., Щербак И. Е. Анализ потребления топливно-энергетических ресурсов в Украине и их рациональное использование.....	73
Маляренко В. А., Шубенко А. Л., Сенецкий А. В., Темнохуд И. А. Когенерация – реальный путь повышения энергоэффектив- ности малой энергетики	76
Минченко В. В., Пастухов И. В., Хомутов С. О. Хищение электроэнергии: причины и способы борьбы	78
Мусин А. Х., Зарубин А. А. О правильном моделировании кривой намагничивания при вычислительных экспериментах	81
Нежурин В. И., Николенко А. В., Куваев В. Ю., Каряка М. Ю., Нсиете Диафука Х. Б. Моделирование распределения мощности в объеме рабоче- го пространства рудовосстановительной электропечи	85
Поляков И. А., Капустин С. Д. Автоматическое определение допустимых перетоков в кон- тролируемых сечениях энергосистем	88
Пряничников А. А., Тарасов В. В., Грибанов А. А. Совместное использование аварийного освещения и пожар- ной сигнализации на промышленных предприятиях.....	91
Сёмкин Б. В., Бахтина И. А., Степанова П. В., Ильиных С. В. Перспективы автономной энергетики в Алтайском крае.....	93
Соловьева Е. И., Викторов Р. С., Грибанов А. А. Повышение надёжности электрооборудования на основе разработки системы его массового обслуживания.....	96
Суханкин Г. В. Алгоритм построения модели старения изоляции обмоток статора электрической машины	99
Суханкин Г. В. Метод измерения упругих характеристик изоляции обмоток электродвигателей.....	103
Хрущев Ю. В., Токарев И. С., Кладько А. А. Построение амплитудно-фазовых частотных характеристик электроэнергетической системы по исходной математической модели.....	107
Чернышев И. А., Рожков А. Ю., Чернышева Т. А. Многодвигательный электропривод переменного тока аппа- рата воздушного охлаждения газа.....	110

Афанасьев В. Г.	
Энергоэффективность и энергоаудит энергосбережения в отдельном регионе	113
Баранчугов Е. А.	
Система технологического мониторинга инженерных сетей города Барнаула как инструмент ресурсосбережения	122
Синеев А. В.	
Снижение потерь в распределительных сетях региона и горэлектротранспорте. Практический опыт реализации	133
Памяти Олега Ивановича Хомутова	136

МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ ПРОЦЕССА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

А. А. Багаев, В. Б. Белый

Россия, Алтайский край, г. Барнаул,

ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный аграрный университет»

Проблема энергоэффективности производств и энергосбережения периодически признается актуальной для нашей страны. Так в 2008 г. вышел Указ Президента [1], а в 2009 г. – Федеральный Закон [2], направленные на усиление энергосбережения и повышение энергоэффективности. Энергетический потенциал нашей страны оценивается более чем в 420 млн. тонн условного топлива в год. В агропромышленном секторе, по разным источникам, используется от 8 до 15 % этого потенциала [3]. Степень энергоэффективности и энергосбережения производства отражается практически на всех экономических и социальных показателях – от себестоимости продукции до уровня жизни работников. Понятно, что энергорасточительность недопустима.

На практике реализация политики энергосбережения и энергоэффективности сталкивается со многими проблемами, одной из которых является отсутствие на местах информации о степени энергоэффективности и энергосбережения в производственном, бытовом и коммунальном секторах.

Алтайский край в отношении выполнения указанных законов имеет свою специфику – это аграрный и энергодефицитный регион. На его территории находится большое количество сельскохозяйственных объектов, для которых затраты на электроэнергию составляют значительную долю в себестоимости продукции, а значит имеется прямая заинтересованность в рациональном потреблении и достоверном учете электроэнергии. Кроме того, современный уровень электрификации сельскохозяйственного производства выдвигает более жесткие требования к качеству электрической энергии.

Вопрос контроля качества и расхода электрической энергии и, зависящее от этого сокращение ее потерь, особенно актуален в условиях объективно высоких отклонений от нормативных показателей КЭЭ в сельских распределительных и потребительских сетях напряжением 0,38–10 кВ.

Объектом практических исследований является линия электропередачи 10 кВ № 3–26 Заринского района электрических сетей Алтайско-

го края. Данная линия является типичной районной распределительной линией со следующими характеристиками: протяженность линии 53,23 км; к линии подключено 25 КТП 10/0,4кВ, от которых питается около тысячи бытовых потребителей и несколько десятков производственных сельскохозяйственных объектов. Среднегодовое потребление сельскохозяйственными потребителями – порядка 1000 МВт·ч.

Для обеспечения учета электроэнергии на линии внедряется система автоматизированного учета электроэнергии АСКУЭ «МАТРИЦА», а для оценки качества электроэнергии в месте установки учета использовался анализатор качества электроэнергии Ресурс–UF2M.

Для данной линии проблемными вопросами в области качества электрической энергии были и остаются по сей день – несимметрия напряжения по обратной последовательности и по нулевой последовательности; отклонение напряжения (провалы – в большей степени и перенапряжения – в меньшей).

Было установлено, что на стороне 0,4 кВ трансформаторов отклонение напряжения 53 % времени находится в пределах интервала ± 5 %, а 45 % – выше этого предела. Отмечено, что свыше 60 % электроэнергии, потребляемой сельскими электроприемниками, не отвечает требованиям стандарта. Ни в одной из обследованных точек электрической сети 0,38 кВ напряжение не соответствует нормируемым значениям. Математическое ожидание отклонений напряжения находится в пределах 16 %, а среднее квадратичное отклонение 1,8...6 %. Диапазон изменения напряжения составляет 15...28 % от номинального. Отчетливо проявляются пусковые режимы электродвигателей.

Данные о замерах фазных и линейных напряжений позволили вычислить коэффициенты обратной и нулевой последовательности. Коэффициент обратной последовательности (k_{2U}) достигает 6,5 %, математическое ожидание $M(k_{2U}) = 2,45$, среднее квадратичное отклонение $\sigma k_{2U} = 1,35$. В 40 % замеров коэффициент k_{2U} находится в пределах от 3 до 4 %, и в 73 % – превышает нормируемые. Коэффициент нулевой последовательности (k_{0U}) достигает 6 % (в отдельных случаях превышает 7 %), математическое ожидание $M(k_{0U}) = 2,4$, среднее квадратичное отклонение $\sigma k_{0U} = 1,44$.

Проведенные выборочные измерения коэффициента искажения синусоидальности и спектрального состава высших гармоник и их анализ позволили сделать следующие выводы. Коэффициент искажения синусоидальности k_U в абсолютном большинстве не превышает предельных значений, допустимых стандартом (12 %). Но математическое ожидание коэффициента искажения синусоидальности составляет 9,1 %, что превышает нормально допустимые значения (8 %). Отмече-

но, что пики наибольших значений k_U приходятся как на дневной максимум нагрузки (связано с нелинейными производственными электроприемниками), так и на вечерний – бытовые нелинейные электроприемники.

Из анализа гармонического состава следует, что в спектре высших гармоник преобладающей является 3-я гармоника, заметны также 5, 7, 9 и 11-я гармоники, четные гармоники на порядок меньше соседних нечетных.

В данной электромагнитной обстановке эксплуатация системы автоматизированного учета электроэнергии показала следующее. При достаточно больших несимметриях в сети (когда значения k_{2U} и k_{0U} превышали 6 %) происходило отключение системы от сети. При снижении несимметрии система включалась в работу.

Список использованных источников:

1. О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики : Указ Президента Российской Федерации от 4 июня 2008 г. № 889.

2. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации : Федеральный закон Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ.

3. Водяников, В. Т. Экономическая оценка энергетики АПК : учебное пособие / В. Т. Водяников. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : ИКФ «ЭКМОС», 2002. – 302 с. : ил.

Реквизиты для справок: 656049, Россия, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Красноармейский, 98, ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный аграрный университет», инженерный факультет, кафедра «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства», д.т.н., проф. А. А. Багаев – e-mail: bagaev710@mail.ru, тел. +7(385–2) 62–84–49; к.т.н., доцент В. Б. Бельй – e-mail: vladimir-belyi@inbox.ru, тел. +7(385–2) 62–84–49

СПЕЦИАЛЬНАЯ АВТОМАТИКА ОТКЛЮЧЕНИЯ НАГРУЗКИ В АЛТАЙСКОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЕ

Б. И. Бахтин, М. В. Колодченко, А. А. Грибанов

Россия, Алтайский край, г. Барнаул,

ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

Электроэнергия – это неотъемлемая часть современного образа жизни человека. Энергетическая отрасль является одной из важнейших составляющих жизни человека. В настоящее время любая деятельность человека в той или иной мере затрагивает электроэнергетические ресурсы.

Повседневный образ жизни, продукты, вещи, техника и многое другое, всё, что мы производим и потребляем, невозможно без электроэнергии. Она позволила человеку достигнуть очень высокого уровня жизни, который должен постоянно поддерживаться.

Актуальность проблем сохранения надёжности и бесперебойности электроснабжения постоянно возрастает вместе с увеличением спроса на электроэнергию. Современные тенденции развития общества подразумевают в первую очередь развитие электроэнергетических ресурсов, возможностей для питания развивающегося промышленного сектора и других отраслей, а затем создание самих промышленных предприятий.

Проблема заключается в том, что на данный момент Алтайская энергосистема является высокодефицитной по мощности электроэнергии. Электроснабжение потребителей осуществляется от электростанций Алтайской энергосистемы и по межсистемным линиям электропередачи из Новосибирской, Кузбасской, Красноярской энергосистем и ОЭС Казахстана. Дефицит электроэнергии покрывается за счёт покупки электроэнергии на ОРЭМ. В энергосистеме Алтайского края производится только около 50 % требуемой электроэнергии, остальная часть поступает по линиям электропередач из других регионов.

Важность сохранения в работе межсистемных линий электропередачи имеет очень большое значение для энергосистемы Алтайского края. В случае обрыва межсистемных линий возникнет большой дефицит электроэнергии, который может привести к очень серьезным последствиям: разделению энергосистемы, нарушению устойчивости, возникновению асинхронного режима, авариям на крупных электро-

станциях Алтайской энергосистемы и самым тяжелым последствиям таких аварий [1, 2].

Для предотвращения таких аварий существует большое количество противоаварийной автоматики, которая постоянно обновляется, совершенствуется для уменьшения рисков аварий и увеличения надёжности электроснабжения, играющей в нашей жизни очень важную роль.

В настоящее время осуществляется масштабная реконструкция противоаварийной автоматики в Алтайском крае. Цель данной реконструкции заключается в обновлении устаревшего оборудования, увеличении надёжности энергосистемы Алтайского края, защите оборудования от различных аварий и т. д.

Реконструкция противоаварийной автоматики включает в себя создание специальной автоматики отключения нагрузки (САОН), которая необходима для решения задач сохранения связи дефицитной энергосистемы с остальной частью намного большей мощности, когда технически и экономически более целесообразно кратковременное автоматическое отключение части нагрузки в приёмной части, что позволит сразу уменьшить переток мощности до допустимого в послеаварийном режиме, предотвратив нарушение устойчивости и возникновение асинхронного режима.

Применение устройств специальной автоматики отключения нагрузки (САОН) целесообразно для:

а) сохранения устойчивости параллельной работы приёмной части с остальной частью ОЭС в послеаварийном режиме (после отключения одной из связей);

б) обеспечения устойчивости узла нагрузки с высокоответственными потребителями (предотвращения "лавины напряжения" в узле нагрузки) в послеаварийном режиме;

в) обеспечения статической, динамической или результирующей устойчивости при работе с недостаточными запасами по устойчивости в послеаварийном и даже в предаварийном режиме ради предотвращения значительного ущерба из-за длительных ограничений потребителей или дополнительного расхода топлива при недоиспользовании имеющихся гидроресурсов, которые неизбежно имели бы место при работе с нормативными запасами по устойчивости [3].

Действием устройств САОН должно предусматриваться отключение таких концентрированных энергоёмких потребителей, которые по характеру технологического процесса и степени ответственности допускают внезапный перерыв питания на время, достаточное для принятия энергосистемой срочных мер по мобилизации резервов генерирующей мощности или введения ограничений у других потребителей.

При аварийном снижении запаса статической устойчивости в сечении или по линии электропередачи для предотвращения нарушения устойчивости допускается отключать потребителей, которые могут быть отключены за 3–5 мин с момента подачи команды (очереди экстренного отключения) или (и) потребителей, подключенных к устройствам САОН дистанционно [4, 5].

При выполнении устройств САОН особое внимание следует обращать на обеспечение селективности срабатывания точно в соответствии с назначением и фактическими режимами.

Список использованных источников:

1. Методические указания по устойчивости энергосистем : утверждены приказом Минэнерго России от 30.06.2003 № 277. – М. : НЦ ЭНАС изд-во, 2004. – 67 с.

2. Инструкция по предотвращению развития и ликвидации нарушений нормального режима электрической части энергосистемы Алтайского края и Республики Алтай в операционной зоне Филиала ОАО «СО ЕЭС» Алтайское РДУ. – М., 2005. – 83 с.

3. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации : утверждены приказом Минэнерго России от 19.06.2003 № 229. – М. : НЦ ЭНАС изд-во, 2003. – 163 с.

4. Правила устройства электроустановок : по состоянию на 15 августа 2005 г. – 7-е изд. (все действующие разделы). – Новосибирск : Сиб. унив. изд-во, 2005. – 854 с. : табл.

5. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. – М. : НЦ ЭНАС изд-во, 2005. – 57 с.

Реквизиты для справок: 656038, Россия, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», энергетический факультет, кафедра «Электроснабжение промышленных предприятий», студент Б. И. Бахтин – e-mail: borizz19912@mail.ru, тел. +7–913–220–20–51; студент М. В. Колодченко – e-mail: kolodchenko.m@mail.ru, тел. +7–906–961–19–76; к.т.н., доцент А. А. Грибанов – e-mail: di-read@mail.ru, тел. +7(385–2) 29–07–76.

СПОСОБ ВЫРАВНИВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ 500 КВ

И. В. Белицын, С. В. Каторгин, О. С. Тебенькова

Россия, Алтайский край, г. Барнаул,

ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

Для передачи электроэнергии на большие расстояния используются воздушные линии электропередачи напряжением 220 кВ и выше. Одной из проблем, связанных с передачей электрической энергии на большие расстояния, является не симметрия токов и напряжений в ЛЭП, возрастающая с увеличением ее длины вследствие разностей индуктивности и ёмкости фаз. Эта проблема традиционно решается с помощью транспозиции проводов. Одним из недостатков транспозиции является установка дорогостоящих транспозиционных опор.

Как показано в [1] для выравнивания зарядов по фазам можно использовать:

- увеличение высоты подвеса провода средней фазы;
- увеличение эквивалентного радиуса проводников крайних фаз.

Для анализа этих мероприятий воспользуемся первой группой формул Максвелла в комплексной форме записи [2]:

$$\begin{cases} \dot{\phi}_1 = \dot{t}_1 \alpha_{11} + \dot{t}_2 \alpha_{12} + \dots + \dot{t}_N \alpha_{1N} \\ \dot{\phi}_2 = \dot{t}_1 \alpha_{21} + \dot{t}_2 \alpha_{22} + \dots + \dot{t}_N \alpha_{2N} \\ \dots \\ \dot{\phi}_N = \dot{t}_1 \alpha_{N1} + \dot{t}_2 \alpha_{N2} + \dots + \dot{t}_N \alpha_{NN} \end{cases},$$

где α_{ij} – потенциальные коэффициенты, зависящие только от геометрических размеров тел, взаимного их расположения и от свойств среды, и не зависящие ни от величины, ни от знаков зарядов и потенциалов на проводниках; выражения для них приведены в [1, 2].

Выявление эффективности этих мероприятий рассмотрим на примере ВЛЭП 500 кВ, выполненной опорами изображенными на рисунке 1. Эквивалентную высоту подвеса проводов примем равной 15 м, эквивалентный радиус фаз – равным 0,16 м, для провода АС 400 и числом проводников в расщепленной фазе 3. Расстояние между фазами 12 м.

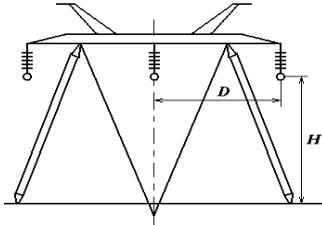


Рисунок 1 – Схема опор для линии переменного тока напряжением 500 кВ

Введем коэффициент K , показывающий отношение эквивалентного радиуса крайней фазы к эквивалентному радиусу средней фазы. Зависимости электрических параметров, приведенные в процентном отношении к параметрам средней фазы, от коэффициента K приведены на рисунке 2.

Из графика следует, что модули зарядов не отличаются друг от друга на всех фазах в случае, если эквивалентный радиус крайних фаз в 1,53 раза превышает эквивалентный радиус средней фазы, или если высоту средней фазы увеличить на 8,2 м.

Известно [1], что в силу геометрической симметрии заряд и потенциал на средней фазе совпадают друг с другом, т. е. разность фаз между ними равна 0. Зависимости модуля разности аргументов заряда и потенциала крайних фаз $|\varphi_r - \varphi_U|$ от K , и изменения высоты подвеса средней фазы приведена на рисунках 3 и 4.

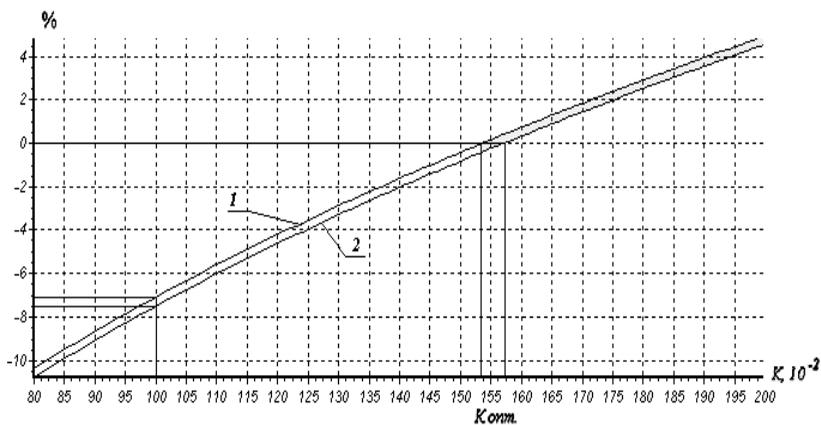
Из графиков следует, что при оптимальном отношении эквивалентных радиусов крайней и средней фазы модуль разности аргументов заряда и потенциала крайних фаз уменьшается по сравнению с первоначальным значением, равным 5,45, до 5,17 градусов или на 5 %.

Выводы:

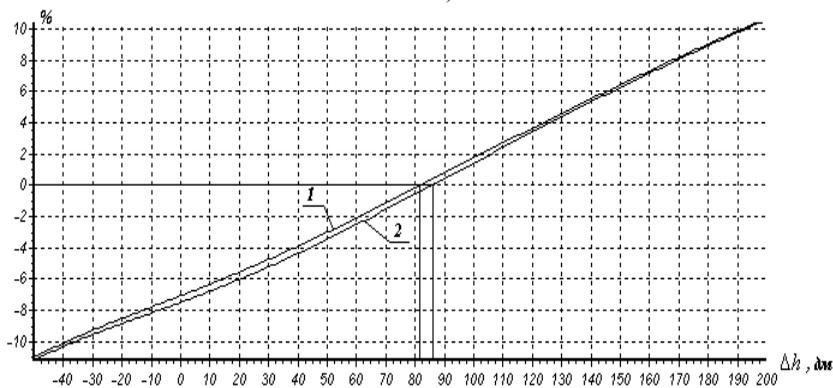
1. Последовательность расположения фаз не влияет на зависимость электрических параметров от отношения эквивалентного радиуса крайней фазы к эквивалентному радиусу средней фазы.

2. Для выравнивания емкостей каждой фазы в первую очередь необходимо ориентироваться на выравнивание модулей заряда, а не их аргументов.

3. Рабочие емкости всех фаз одинаковы при условии, если отношение эквивалентного радиуса крайней фазы к эквивалентному радиусу средней фазы равно 1,53, или при увеличении высоты средней фазы на 8,2 м.



а)



б)

1 – отклонение заряда на крайних фазах в процентном отношении

от заряда на средней фазе $\frac{|\tau_{cp} - \tau_{kp}|}{|\tau_{cp}|} 100\%$;

2 – отклонение рабочей емкости на крайних фазах в процентном отношении от рабочей емкости на средней фазе $\frac{|C_{cp} - C_{kp}|}{|C_{cp}|} 100\%$

Рисунок 2 – Зависимость электрических параметров от:

а) отношения эквивалентного радиуса крайней фазы к эквивалентному радиусу средней фазы;

б) изменения высоты подвеса средней фазы Δh

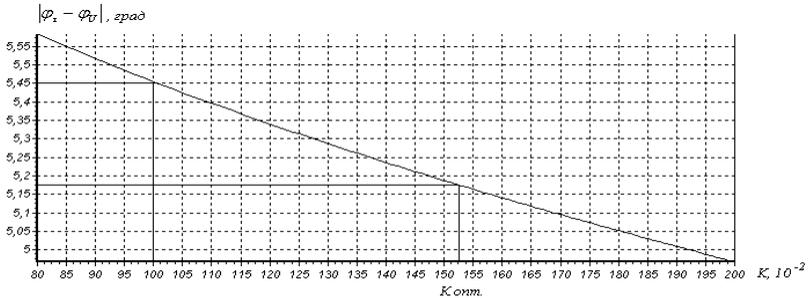


Рисунок 3 – Зависимость разности модуля аргументов заряда и потенциала крайних фаз $|\varphi_\tau - \varphi_U|$ от отношения эквивалентного радиуса крайней фазы к эквивалентному радиусу средней фазы

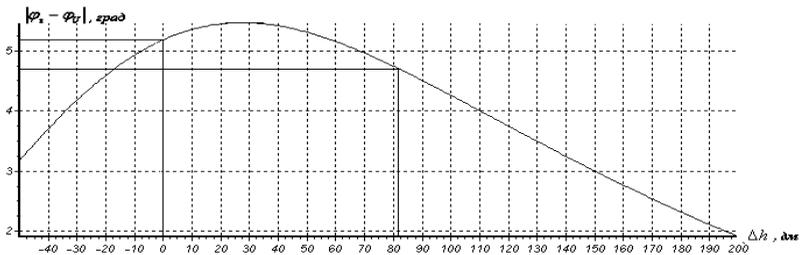


Рисунок 4 – Зависимость разности модуля аргументов заряда и потенциала крайних фаз $|\varphi_\tau - \varphi_U|$ от изменения высоты подвеса средней фазы Δh

Список использованных источников:

1. Александров, Г. Н. Установки сверхвысокого напряжения и охрана окружающей среды / Г. Н. Александров. – Л. : Энергоатомиздат, 1999. – 360 с.
2. Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле / Л. А. Бессонов. – М. : Юрайт, 2011. – 320 с.
3. Белицын, И. В. Перспективные методы расчета и моделирования, электромагнитных полей установок высокого напряжения / И. В. Белицын, С. А. Урвачев, Р. С. Старухин // Экологические проблемы современности : материалы 2-й международной научно-практической конференции. – Пенза, 2006. – С. 221–223.
4. Методы расчета электростатических полей / Н. Н. Миролюбов [и др.]. – М. : Высш. шк., 1999. – 416 с.

Реквизиты для справок: 656038, Россия, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», энергетический факультет, кафедра «Электроснабжение промышленных предприятий», к.п.н., доцент И. В. Белицын – e-mail: b_i_w@mail.ru, тел. +7-903-992-39-46; студент С. В. Каторгин – e-mail: sergei-katorgin@mail.ru, тел. +7-923-168-81-88; студент О. С. Тебенкова – e-mail: olga-tebenkova@mail.ru, тел. +7-913-082-63-61.

УДК 338.984

СТАВКА ДИСКОНТИРОВАНИЯ ЭНЕРГОПРОЕКТА: ПРОБЛЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ РАСЧЕТА

Е. С. Бельчикова

Россия, Новосибирская область, г. Новосибирск,
ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный
технический университет»

Особенности энергопроектов приводят к необходимости корректировки существующей методики оценки экономической эффективности для их расчета. Одной из особенностей является выбор ставки дисконтирования. Из-за больших капиталовложений в энергопроекты даже небольшое отличие в значении ставки дисконта может сделать перспективный проект убыточным. В связи с этим представляет интерес анализ возможностей применения основных методов расчета ставок дисконта для энергопроектов и разработка рекомендаций по их совершенствованию.

Основными методами расчета ставок дисконта являются метод оценки капитальных активов (САРМ), метод кумулятивного построения (ССМ) и метод средневзвешенной стоимости капитала (WACC).

Метод САРМ основан на анализе информации фондового рынка. Ставка дисконтирования в соответствии с этим методом рассчитывается по формуле (1).

$$r = R_f + \beta(R_m - R_f), \quad (1)$$

где R_f – норма дохода по безрисковым вложениям; β – коэффициент бета (мера систематического риска, т. е. риска, связанного с макроэкономическими и политическими процессами в стране); R_m – среднерыночная норма прибыли.

Данный метод может использоваться открытыми акционерными обществами, для закрытых акционерных обществ метод потребует корректировок. Также, этот метод не смогут применить фирмы, у которых нет достаточной статистики для расчета своего β -коэффициента, а также не имеющие возможности найти предприятие-аналог, чей β -коэффициент они могли бы использовать в собственных расчетах [1].

Применительно к энергетике России можно отметить, что основные крупные предприятия являются акционерными обществами, но большинство предприятий – мелкие и средние – являются ЗАО, что делает затруднительным применение данного метода. Также в условиях российской экономики использование длительного периода наблюдений для расчета β -коэффициента может дать коэффициент, не соответствующий текущей ситуации компании.

Метод кумулятивного построения основан на суммировании безрисковой ставки дохода, темпа инфляции и надбавок за риск инвестирования в оцениваемое предприятие. Ставка дисконтирования методом ССМ рассчитывается в соответствии с формулой (2).

$$r = R_f + i + \sum_{i=1}^n R_i, \quad (2)$$

где R_f – базовая (безрисковая) ставка; i – темп инфляции; R_i – премия за i вид риска; n – количество премий за риск [1].

В рамках данного метода возможны различные структуры вкладов факторов риска в надбавку за риск. При этом структуры различных авторов обладают одной и той же особенностью – всем факторам риска соответствует достаточно широкий диапазон премии за риск. Данный недостаток приводит к тому, что по тому или иному фактору возможна субъективная оценка экспертом надбавки за риск, а, следовательно, и субъективная оценка величины ставки дисконтирования. Также отсутствует и обоснование – почему конкретный диапазон величины премии за риск соответствует тому или иному фактору риска. Однако, несмотря на указанные недостатки, метод кумулятивного построения является универсальным и дает возможность учитывать различные пожелания инвесторов.

WACC характеризует альтернативную стоимость инвестирования, тот уровень доходности, который может быть получен компанией при вложении не в новый проект, а в уже существующий. Ставка дисконтирования методом WACC рассчитывается в соответствии с формулой (3).

$$r = K_c \cdot W_c + ((K_3 - SR \cdot 1.1) + SR \cdot 1.1 \cdot (1 - T)) \cdot W_3, \quad (3)$$

где K_C – стоимость собственного капитала; W_C – доля собственного капитала; K_3 – стоимость заемного капитала; W_3 – доля заемного капитала; T – ставка налога на прибыль, SR – ставка рефинансирования [2, 3].

WACC применим в качестве ставки дисконтирования к небольшим проектам, реализуемым на действующих предприятиях. Проект не должен менять структуру капитала предприятия, должен быть для него типовым и иметь обычную для компании степень риска.

В энергетике при использовании данного метода могут возникнуть трудности, связанные с наличием других источников финансирования проектов помимо учитываемых в расчете WACC собственных и заемных средств компаний.

В результате анализа особенностей рассмотренных подходов к определению нормы дисконта был сделан вывод: существующие подходы к оценке ставки дисконта не учитывают как характерные особенности энергопроектов, так и особенности страны, на территории которой реализуется энергопроект, отраслевые особенности компаний, в рамках которых реализуются проекты. В связи с несовершенством существующих подходов к оценке ставки дисконта было принято решение взять за основу наиболее точный и объективный подход и разработать рекомендации по его доработке и адаптации для расчетов энергопроектов. Наиболее точным и объективным подходом в ходе анализа был признан подход, основанный на методе WACC. На его основе автором разработаны рекомендации по определению ставки дисконтирования для инвестиционных проектов, реализуемых в сфере энергетики. Разработанные предложения расширяют область применения WACC и позволяют получать более точные оценки ставки дисконтирования для энергопроектов.

Список использованных источников:

1. Ставка дисконтирования / Бизнес-проект 24 [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа : <http://www.bproekt24.ru/Articles/Read/72>. – Загл. с экрана.
2. Экономическая оценка инвестиций / В. Е. Есипов [и др.]. – СПб. : Вектор, 2006. – 288 с.
3. Панферов, Д. И. Особенности и методика оценки стоимости финансовых ресурсов / Д. И. Панферов // Планово-экономический отдел. – 2012. – № 5. – С. 31–37.

Реквизиты для справок: 630073, Россия, Новосибирская область, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, к. 2, ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет», энергетический факультет, кафедра «Системы управления и экономики энергетики», студент Е. С. Бельчикова – e-mail: katushka_170208@mail.ru, тел. +7-952-900-08-17.

УДК 621.31

**РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТ
ПОВРЕЖДЕНИЯ НА ВОЗДУШНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
ЛИНИЯХ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ
НАПРЯЖЕНИЕМ 6–35 КВ**

Н. А. Блинов, А. И. Вольченко, А. Н. Попов
Россия, Алтайский край, г. Барнаул,
ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

Невообразимо ускоренные темпы развития электрических сетей и не менее быстрое сокращение численности обслуживающего электротехнического персонала требуют незамедлительного и масштабного внедрения средств автоматики в системы электрических сетей, в частности устройств для определения мест повреждения (ОМП) на воздушных линиях электропередачи. Однако положение дел с внедрением подобных устройств в реальный технологический процесс оставляет желать лучшего. По ряду причин количество применяемых устройств очень мало, что негативно сказывается на скорости устранения неполадок и аварий в распределительных сетях. Кроме того, это влечет за собой ряд дополнительных расходов на горюче-смазочные материалы для оперативно-выездных бригад, создает помехи для плановых работ, так как время отыскания места повреждения существенно увеличивается без применения данных устройств, что впоследствии ведет к уменьшению экономической эффективности всех потребителей электроэнергии.

В энергосистемах используются устройства ОМП на воздушных линиях электропередачи, основанные на измерении параметров аварийного режима. К настоящему времени накоплен положительный опыт эффективного применения этих устройств. Однако не всегда удается выбрать наиболее подходящий вариант для каждого отдельного

случая, в особенности эта проблема остро стоит в распределительных сетях напряжением 6–35 кВ.

Применение фиксирующих приборов позволяет определить место повреждения с достаточно высокой точностью (около 5 % длины линии), что обеспечивает сокращение времени отыскания мест повреждения на линиях электропередачи в 2–3 раза. Погрешность определения расстояния до места повреждения в значительной степени зависит и от точности используемых фиксирующих приборов, являющихся датчиками первичной информации о параметрах аварийного режима [1].

Устройства обычно монтируются в местах разветвления воздушной линии – на первых опорах после точки разветвления. Они регистрируют возникновение тока короткого замыкания при наведении его на ответвлении или участке линии за точкой установки прибора. Во время поиска короткого замыкания на отключенной линии с приборов собирают данные о наличии или отсутствии короткого замыкания за местом его установки. В данный момент используются различные виды устройств для обнаружения неисправностей на линиях электропередачи, которые делятся на две подгруппы:

- фиксирующие приборы для определения расстояния до места повреждения, автоматически измеряющие и фиксирующие соответствующие электрические величины во время аварийного режима;
- устройства для определения поврежденных участков линий.

В электрических сетях наибольшее распространение получили указатели поврежденных участков УПУ–1 и указатели короткого замыкания типа УКЗ.

По принципу действия применяемые в энергосистемах фиксирующие приборы могут быть разделены на четыре основные группы:

- с механической памятью;
- с магнитной памятью;
- с электрической памятью;
- фиксирующие омметры [2].

Приборы с механической памятью просты по конструкции, но обладают существенными недостатками – имеют небольшой диапазон измерения, сравнительно невысокую стабильность показаний и большое потребление.

В приборах с магнитной памятью измеряемая величина используется для намагничивания или размагничивания магнитной системы показывающего прибора в процессе КЗ. Остаточная индукция магнитной системы, вызывающая отклонение подвижной системы прибора, сохраняет свое значение длительное время, и поэтому специальной

фиксации замера не требуется. Однако приборы с магнитным запоминанием широкого распространения в энергосистемах не получили.

Приборы с электрической памятью получили несколько большее распространение в энергосистемах, чем приборы с механической связью. Работа приборов этой группы основана на использовании запоминающего конденсатора в цепи прибора. Во время короткого замыкания запоминающий конденсатор очень быстро заряжается до напряжения, соответствующего значению регистрируемого тока короткого замыкания. Следующим шагом является то, что к запоминающему конденсатору подключается запоминающее устройство, контролирующее элемент с постоянной памятью. Именно так обеспечиваются требования быстрого замера до отключения линии под действием релейной защиты и возможности длительно сохранять зафиксированную величину. Главным недостатком данных приборов является то, что для определения расстояния до точки короткого замыкания требуются дополнительные расчеты.

Фиксирующие омметры являются наиболее совершенными из используемых в данное время. Главным преимуществом данных приборов является точность, которая достигается измерением не одной, а двух величин (тока и напряжения) [3].

Передача показаний фиксирующих приборов может быть осуществлена автоматически по телеканалу, а для расчетов диспетчером могут быть использованы различные вычислительные средства.

Применение фиксирующих приборов позволяет получить существенный экономический прирост как для самих предприятий, производящих электроэнергию, так и для потребителей электроэнергии, определяемый сокращением расходов по обходу и осмотру линий после повреждения, сокращением времени аварийного отключения линии и снижением потерь электрической энергии.

Кроме того, при решении вопроса о целесообразности установки приборов определения мест повреждения линии на ответвлениях необходимо принять во внимание, что во многих случаях проезд на дежурном транспорте по трассе ответвления невозможен и поиск места повреждения приходится производить пешком. В подобных случаях проход вдоль линии ответвления, как правило, происходит дважды – от начала ответвления до конца и обратно. Поэтому представляется возможным и необходимым монтировать приборы на ответвлениях, общая протяженность которых превышает 1,5–3 км. К тому же, далеко не всегда разумно начинать осмотр поврежденного участка с головной его части. Так, ради примера, если участок линии с двух сторон оснащен указателями, а дорога от начала участка к его концу не проходит

поблизости линии участка, то осмотр этого участка обычно следует начинать с конца. В тому случае, если будет выявлено, что указатель в конце участка не сработал, значит повреждение находится на рассматриваемом участке.

Если же в сети имеются особо труднодоступные участки, осмотр которых связан с большими затратами времени, человеческих сил и материальных средств, разумно будет устанавливать приборы для контроля конкретно этого участка, пусть даже протяженность участка составляет всего 1–2 км, а в некоторых случаях и менее [4].

К сожалению, при всех имеющихся плюсах, у этих приборов имеются слабые стороны. В одних случаях – это малые диапазоны измерений, большое собственное потребление, в других – высокая стоимость и сложность конструкции. Основной задачей видится устранение изъянов уже существующих приборов определения места повреждения линии путем разработки модели устройства, которая лишена этих недостатков. Внедрение прибора позволит сократить время, необходимое на устранение неполадок и аварий в сетях, уменьшить расходы, более слаженно контролировать режим работы сети, проводить полный мониторинг состояния работоспособности на всех участках распределительных сетей.

Список использованных источников:

1. Устройства для определения мест повреждения на воздушных электрических линиях [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа : <http://electricalschool.info/main/ekspluat/406-ustrojstva-dlja-opredelenija-mest.html>. – Загл. с экрана.

2. Определение мест повреждения на ВЛ [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа : <http://leg.co.ua/knigi/rzia/opredelenie-mest-povrezhdeniya-na-vl.html>. – Загл. с экрана.

3. Кузнецов, А. П. Определение мест повреждения на воздушных линиях электропередачи / А. П. Кузнецов – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 94 с. : ил.

4. Применение УКЗ [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа : <http://leg.co.ua/knigi/rzia/opredelenie-mest-povrezhdeniya-na-vl-17.html> – Загл. с экрана.

Реквизиты для справок: 656038, Россия, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», энергетический факультет, кафедра «Электроснабжение промышленных пред-

приятый», студент Н. А. Блинов – e-mail: tod_fuse@list.ru, тел. +7-961-238-53-98; студент А. И. Вольченко – e-mail: volchenko007@gmail.com, тел. +7(385-2) 63-79-58; к.т.н., доцент А. Н. Попов – e-mail: oleandr78@mail.ru, тел. +7(385-2) 29-07-76.

УДК 621.31

РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ 6 (10) КВ. ПРОБЛЕМА КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СЕТЯХ 0,4 КВ. ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСИММЕТРИЧНОЙ РАБОТЫ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Б. В. Борисов, Е. В. Ворона
Россия, Алтайский край, г. Барнаул,
ОАО «Алттранс»

Введение.

В электрических сетях 0,4 кВ с большим удельным весом однофазных потребителей очень сложно равномерно распределить нагрузки по фазам, поскольку они включаются независимо друг от друга в разные моменты времени. К тому же эти сети питаются в основном от трансформаторов со схемой соединения обмоток У/Ун-0 (Звезда-Звезда с нейтральным проводом), которые в практических условиях имеют значительные искажения фазных напряжений при несимметричной нагрузке. И уже на низковольтных вводах трансформатора показатели качества электрической энергии, такие как отклонение напряжения и несимметрия напряжений, не соответствуют нормам ГОСТ Р 54149-2010. Наличие несимметрии напряжений и токов ведет к увеличению потерь электроэнергии, а также к ухудшению показателей качества электрической энергии у потребителей.

Особенность схемы соединения У/Зн-11.

Одним из самых эффективных способов выравнивания фазных напряжений является применение трансформатора со схемой соединения обмоток У/Зн-11 (Звезда-Зигзаг с нейтральным проводом) (рисунок 1).

Особенностью схемы соединения У/Зн-11 является то, что каждая фаза вторичной обмотки одновременно располагается сразу на двух стержнях магнитопровода. Следовательно, при однофазной нагрузке магнитное равновесие практически не нарушается, не возникает однонаправленный магнитный поток рассеяния, отсутствуют его негативные последствия (искажение фазных напряжений, нагрев бака трансформатора).

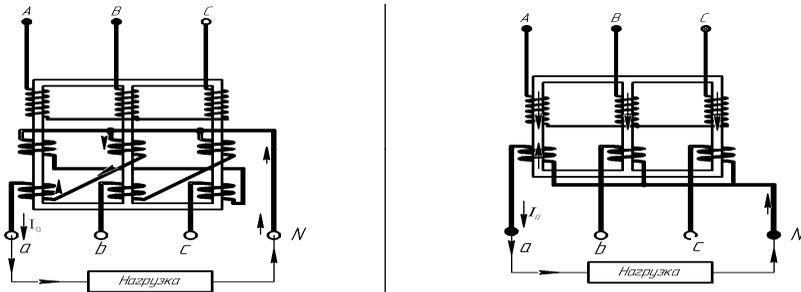


Рисунок 1 – Схема соединения У/Зн–11(слева) и У/Ун–0(справа)

Сравнительные результаты измерения характеристик трансформаторов со схемами соединения У/Зн–11 и У/Ун–0.

ОАО «Алттранс» совместно с ООО «Барнаульская сетевая компания» был проведен сравнительный анализ показателей качества электрической энергии при использовании трансформатора со схемой соединения У/Зн–11 и трансформатора со схемой соединения У/Ун–0.

Измерения показателей качества электрической энергии производились поочередно для каждого трансформатора в действующей трансформаторной подстанции.

Несимметричная нагрузка в нормальном режиме работы.

Основные результаты измерения среднестатистических характеристик трансформаторов в нормальном режиме работы приведены в таблице 1.

Как видно, в ходе эксперимента трансформаторы имеют приблизительно одинаковую несимметричную нагрузку по фазам.

Напряжение на наиболее нагруженной фазе отличается от значения, измеренного без нагрузки, более чем на 6 %. Видна явная несимметрия фазных напряжений, о чем свидетельствует и коэффициент несимметрии напряжения по нулевой последовательности, превышающий 5 %, при нормально допустимом ГОСТом значении в 2 %.

Таблица 1 – Результаты измерения среднестатистических характеристик трансформаторов в нормальном режиме работы

Схема соединения	Фазный ток нагрузки, А			Фазные напряжения, В			Коэфф. несимм. K_{0U} , %
	Ф. А	Ф. В	Ф. С	Ф. А	Ф. В	Ф. С	
У/Ун–0	270,7	176,9	171,7	217	237,9	228,1	5,32
У/Зн–11	269,1	177,9	169,7	228,1	228,4	228,9	0,1

Для трансформатора со схемой соединения $Y/Zn-11$ напряжения по фазам имеют значительно меньшие отклонения, несмотря на аналогичную несимметричную нагрузку. Несимметрия напряжений практически отсутствует.

Однофазная нагрузка.

Для того чтобы более наглядно увидеть различия характеристик двух трансформаторов при работе в несимметричном режиме, был проведен опыт однофазной нагрузки для каждого трансформатора. Результаты опыта отражены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты измерения среднестатистических характеристик трансформаторов в несимметричном режиме работы

Схема соединения	Фазный ток нагрузки, А			Фазные напряжения, В			Коэфф. несимм. $K_{0U}, \%$
	Ф. А	Ф. В	Ф. С	Ф. А	Ф. В	Ф. С	
У/У _н -0	0,0	0,0	166,6	248,1	231,6	211	9,08
У/З _н -11	0,0	0,0	173,6	231,0	232,8	229,2	0,19

При токе в нагруженной фазе, равном 166 А, для трансформатора со схемой соединения У/У_н-0 наибольшее и наименьшее напряжения по фазам отличаются более чем на 37 В. Коэффициент несимметрии напряжения по нулевой последовательности, характеризующий несимметрию фазных напряжений, имеет значение более 9 %, что значительно превышает как нормально допустимые, так и предельно допустимые значения.

В данном опыте отчетливо видно, что при аналогичной однофазной нагрузке для трансформатора со схемой соединения У/З_н-0 искажения фазных напряжений практически не происходит.

Защита от однофазных КЗ.

Одним из преимуществ схемы соединения У/З_н-11 является повышенный ток однофазного короткого замыкания.

Основным значением, влияющим на ток однофазного короткого замыкания, является сопротивление нулевой последовательности. Для различных схем соединения трансформаторов значения сопротивлений нулевой последовательности могут отличаться в несколько раз. Справочные данные по величине полного сопротивления трансформаторов стороны НН приведены в таблице 3 (в скобках указаны данные сопротивлений нулевой последовательности).

Проанализировав значения, нетрудно убедиться, что ток однофазного короткого замыкания для трансформаторов со схемой соединения У/З_н-11 увеличится более чем в 4,5 раза по отношению к току

короткого замыкания для схемы У/У_Н–0, что обеспечивает надежную и селективную работу защит.

Таблица 3 – Справочные данные по величине полного сопротивления трансформаторов стороны НН

Мощность, кВА	Z _{T1} (Z ₀) полное для схемы У/У _Н –0, Ом	Z _{T1} (Z ₀) полное для схемы У/З _Н –11, Ом
100	0,779 (0,635)	0,1674 (0,0189)
160	0,487 (0,397)	0,1071 (0,012)
250	0,312 (0,254)	0,069 (0,0064)
400	0,203 (0,159)	0,046 (0,0022)

Заключение.

Отличительной особенностью трансформатора со схемой соединения обмоток У/З_Н–11 является практически нулевое искажение фазных напряжений при несимметричной нагрузке.

Трансформатор со схемой соединения обмоток У/З_Н–11 позволяет питать мощных однофазных потребителей без ухудшения качества электрической энергии и риска возникновения аварий. Использование схемы соединения обмоток У/З_Н–11 способствует значительному снижению потерь электрической энергии, повышению надежности электроустановки в целом, увеличению резерва мощности за счет снижения добавочных потерь, возникающих в распределительных трансформаторах.

Список использованных источников:

1. Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи : учебник для студентов электротехнических, энергетических и приборостроительных специальностей вузов / Л. А. Бессонов. – 9-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1996. – 623 с.
2. ГОСТ 52719-2007. Трансформаторы силовые. Общие технические условия. – М. : Стандартинформ, 2007. – 41 с.
3. ГОСТ Р 54149-2010. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – М. : Стандартинформ, 2012. – 16 с.
4. Каминский, Е. А. Звезда, треугольник, зигзаг / Е. А. Каминский. – 3-е изд. – М. : Энергия, 1973. – 104 с.

5. Киреева, Э. А. Современные средства контроля и измерения в электроснабжении : справочные материалы. Ч. 2 / Э. А. Киреева. – М. : НТФ Энергопрогресс, 2006. – 68 с.

6. Федоровская, А. Силовые трансформаторы 10(6)/0,4 кВ. Области применения разных схем соединения обмоток / А. Федоровская, В. Фишман // Новости электротехники. – 2009. – № 6 (60). – С. 38–40.

7. Тихомиров, П. М. Расчет трансформаторов : учеб. пособие для вузов / П. М. Тихомиров. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 528 с.

Реквизиты для справок: 656064, Россия, Алтайский край, г. Барнаул, Павловский тракт, 28, ОАО «Алттранс», Бюро по разработке конструкции трансформаторов, заместитель начальника Бюро по разработке конструкции трансформаторов Б. В. Борисов, начальника Бюро по разработке конструкции трансформаторов Е. В. Ворона – e-mail: postmaster@altrans.org, тел. +7(385-2)46-67-14.

УДК 621.31

СПЕЦИФИКА ВНУТРИФИРМЕННОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ СОТРУДНИКОВ БЛОКА ТРАНСПОРТА И УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ПРИМЕРЕ ОАО «МРСК СИБИРИ» – «АЛТАЙЭНЕРГО»

А. В. Вагенлейтер
Россия, Алтайский край, г. Барнаул,
Филиал ОАО «МРСК Сибири» – «Алтайэнерго»

Одним из важнейших условий успешного развития компании является обеспечение подготовки специалистов высокой квалификации по всем направлениям деятельности. Человеческий потенциал для компании – тот же «капитал», влияющий на технико-экономические показатели, а качественная подготовка специалистов невозможна без внедрения современной системы непрерывного обучения и аттестации.

В 2011–2012 гг. в ОАО «МРСК Сибири» проводилось исследование, в результате которого разработана единая программа внутрифирменного профессионального обучения сотрудников блока транспорта и учета электроэнергии (Программа). В 2012 году проведены первые обучения сотрудников компании, а также проведены лекции студентам в высших учебных заведениях, в частности в Алтайском крае в АлтГТУ.

ОАО «МРСК Сибири» – это 222 района электрических сетей (РЭС), 36 производственных отделений (ПО), 8 филиалов, одно дочернее общество, территория обслуживания около 2 млн. квадратных километров, общая протяженность линий электропередачи более 250 тыс. км, количество трансформаторных подстанций около 55 тысяч, полезный отпуск электроэнергии за год (2010) более 80 млрд. кВт·ч, а также потери (техничко-экономический показатель), присутствующие на линиях по всем уровням напряжения, но на низком и среднем уровне напряжения (0,4–10 кВ) местами выше технологических и плановых.

Исследование показало – технико-экономические показатели по подразделениям разные (спектр: от худших до лучших); внедряемые современные системы учета электроэнергии и программные разработки не везде используются эффективно; программы обучения и аттестаций в филиалах разные; присутствуют сотрудники с непрофильным образованием. Руководство ОАО «МРСК Сибири» приняло решение разработать единую Программу обучения сотрудников блока транспорта и учета электроэнергии с целью эффективной реализации мероприятий по снижению в сетях потерь электрической энергии.

В разработке Программы принимали участие ведущие специалисты блока транспорта и учета электроэнергии из всех филиалов компании. Учитывалось отсутствие учебных заведений высшего, среднего профессионального образования, осуществляющих повышение квалификации специалистов по транспорту и учету электроэнергии. Программа включала как повышение квалификации во внешних образовательных организациях, так и внутрикорпоративное обучение по направлениям (силами работников компании, привлекаемых в качестве преподавателей и разработчиков лекционных материалов).

После разработки первых обучающих материалов (презентации, лекции) масштабное внутрикорпоративное обучение началось в г. Красноярске (центральное предприятие компании). Были проведены презентации обучающих материалов. В результате групповой работы разработчиков материалов и сотрудников, привлекаемых в качестве преподавателей, материалы были доработаны и направлены всем преподавателям в филиалы для организации обучения. РЭС были дополнительно оснащены стендами, обучающие работе индукционными и электронными приборами учета электроэнергии разных типов.

Программа включает следующие основные темы:

- стандарты организации;
- основы нормативно-правовой базы в части передачи электроэнергии;

- баланс электроэнергии, его структура. Формирование баланса электроэнергии;
- формирование полезного отпуска по юридическим и физическим лицам.
- потери электрической энергии (структура потерь, структура технологических потерь). Расчет и нормирование потерь. Работа в программном комплексе РТП–3;
- разработка и контроль мероприятий по снижению потерь электроэнергии;
- способы хищения электроэнергии. Действия персонала при выявлении неучтенного потребления электроэнергии;
- аудит систем учета электроэнергии;
- инструментальные проверки приборов учета электроэнергии;
- порядок проведения плановых обходов.

С целью изучения эффективности и результативности обучения в филиале ОАО «МРСК Сибири» – «Алтайэнерго» среди первых обучавшихся было проведено анкетирование, в котором приняли участие 265 человек.

Большинство сотрудников (94 %) отметили, что содержание обучения соответствует заявленной программе. В целом, 75 % опрошенных оценили обучение как хорошее, 13 % – как отличное и 12 % – как удовлетворительное (данные приведены на рисунке 1).



Рисунок 1 – Распределение ответов на вопрос «Как Вы в целом оцениваете содержание обучения?»

Изученный в ходе обучения материал был полезен в повышении профессионального уровня для 94 % сотрудников. В изученном материале было больше новой информации, чем известной – для 50 % оп-

рошенных. Больше известной информации, чем новой – для 41 % анкетированных. Вся информация оказалась новой для 7 % респондентов и ничего нового для себя не узнали лишь 2 % (данные приведены на рисунке 2).

Более глубокий анализ показал, что содержание проведенного обучения соответствовало заявленной Программе. Изученный в ходе обучения материал был полезен в повышении профессионального уровня сотрудников, был интересен для большинства сотрудников. Цели, поставленные при направлении сотрудников на обучение в основном достигнуты.

Перспективы развития Программы:

- корректировка и дополнение учебных материалов Программы;
- расширение перечня направлений внутрифирменного обучения;
- разработка видеоматериалов;
- разработка экзаменационных тестов;
- адаптация учебных материалов для проведения обучения по данной Программе студентов высших и средних учебных заведений, в том числе обучающихся по договорам с ОАО «МРСК Сибири».

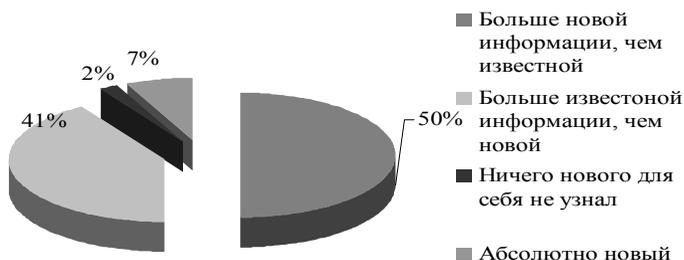


Рисунок 2 – Распределение ответов на вопрос «Насколько изученный материал был новым для Вас?»

Кроме технико-экономических показателей, руководством ОАО «МРСК Сибири» учитывалось отсутствие в учебных заведениях высшего и среднего профессионального образования учебных программ, осуществляющих подготовку специалистов (студентов) блока транспорта и учета электроэнергии. В настоящий момент переговоры с

учебными заведениями о возможности организации и проведения обучения студентов по данной Программе завершены, в программы обучения студентов внесены корректировки. Материалы Программы адаптированы.

Реквизиты для справок: 656002, Россия, Алтайский край, г. Барнаул, ул. П. С. Кулагина, 16, ОАО «МРСК Сибири» – «Алтайэнерго», департамент транспорта и учета электроэнергии, заместитель начальника департамента транспорта и учета электроэнергии А. В. Вагенлейтер – e-mail: alexandr.vagenleyter@rambler.ru, тел. +7(385–2) 56–80–97.

УДК 621.311.1.035.156

НЕПРЕРЫВНЫЙ КОНТРОЛЬ ИЗОЛЯЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСТОЧНИКА ЗОНДИРУЮЩИХ СИГНАЛОВ (ИЗС) В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ГОРОДОВ

Я. С. Винтер, А. Х. Мусин

Россия, Алтайский край, г. Барнаул,

ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

Современный этап развития цивилизации характеризуется сосредоточением большого количества людей в городах, многие из которых превратились в мегаполисы.

В настоящее время доля городского населения России составляет около 75 % и продолжает увеличиваться.

Важнейшим компонентом системы жизнеобеспечения городов являются системы электроснабжения.

Аварии в системах электроснабжения могут парализовать нормальную жизнедеятельность города, создать тяжелые чрезвычайные ситуации и даже стать причиной гибели людей.

Необходимы поиск определенных приемов решения проблемы, разработка способов поведения в соответствующих ситуациях, знания закономерностей, присущих процессам, происходящим в системе электроснабжения.

Надежная работа городских электрических сетей определяется надежностью электрической изоляции, которая обеспечивается комплексом различных мероприятий, охватывающих стадии проектирования, изготовления и эксплуатации.

Главной причиной низкой эффективности систем электроснабжения является дефицит информации об обслуживаемом объекте.

Наибольшую повреждаемость имеют городские кабельные линии.

Наличие дефектов в изоляции в процессе изготовления, монтажа и эксплуатации – основная причина повреждения кабельных линий.

Для кабельных сетей необходимо исследование поведения изоляции в процессе эксплуатации.

Способ диагностики изоляции под рабочим напряжением основан на наложении на диагностируемую сеть зондирующих электрических сигналов от специального автономного источника, включенного между нейтральной точкой сети и землей.

Нейтраль используется либо естественная у силовых трансформаторов, либо организуется искусственно.

Диагностика осуществляется по одному из параметров: току утечки или сопротивлению изоляции.

Предлагается зондирующие электрические сигналы создавать с помощью специального резонансного колебательного контура с переменной во времени периодической индуктивностью. Такой контур при настройке его в резонанс работает как генератор э.д.с.

Для предотвращения аварий существует большое количество методик проверки и испытания изоляции на прочность, которая постоянно обновляется и совершенствуется для снижения рисков аварийности и повышения надежности электроснабжения городов. Однако, общим из недостатком является то, что они требуют отключения электроустановки на время осуществления диагностики. Предлагаемый нами способ лишен этого недостатка.

В настоящее время осуществляется широкая реконструкция электрических сетей, в том числе замена алюминиевых проводов на СИП, изоляция которого также должна быть под постоянным контролем для обеспечения надежности электроснабжения, играющей важную роль в нашей жизни.

В дипломной работе будут рассмотрены следующие вопросы и проблемы:

- рассмотреть ИЗС как часть подсистемы противоаварийного контроля изоляции и назначение этой подсистемы;
- сформировать общее представление о работе ИЗС и его назначения;
- определить целесообразность применения ИЗС;
- описать принцип работы ИЗС применительно к энергосистеме города;
- рассмотреть элементы, из которых состоит ИЗС;

- создать математическую модель работы ИЭС в программной среде MathLab и смоделировать различные условия работы установки;
- собрать опытный образец установки ИЭС и внедрить его в городскую энергосистему.

Список использованных источников:

1. Мусин, А. Х. Электрические сети городов (системный анализ технологий обслуживания) : учеб. пособие по направлению 650900 "Электроэнергетика" и специальности 100400 "Электроснабжение" / А. Х. Мусин, Б. В. Семкин. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2004. – 117 с. : ил.

Реквизиты для справок: 656038, Россия, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», энергетический факультет, кафедра «Электрификация производства и быта», студент Я. С. Винтер – e-mail: yar-vinter@mail.ru, тел. +7–903–990–42–66; д.т.н., профессор А. Х. Мусин – e-mail: agzam45@mail.ru, тел. +7–913–243–1021.

УДК 621.313.333.2 : 621.317.352.2

ИНФОРМАТИВНОСТЬ МЕТОДОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ И ТЕСТОВОЙ ДИАГНОСТИКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Т. Е. Годецкая, А. А. Грибанов
Россия, Алтайский край, г. Барнаул
ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

Трёхфазный асинхронный двигатель является одним из основных электроприёмников на предприятиях различных отраслей экономики нашей страны. К сожалению, до настоящего времени, несмотря на простоту конструкции электродвигателей, их надёжность остаётся недостаточно высокой. Двигатели выходят из строя, но при различных условиях эксплуатации в разный период, другими словами имеют разный срок службы. Так как двигатели используются для разных целей, технологических процессов, в зависимости от этого они имеют разный ущерб.

Продолжительность работы электродвигателя в цикле технологического процесса разная:

- некоторые находятся в кратковременном режиме работы S2 – двигатель работает при постоянной нагрузке, в течение короткого периода времени, сопровождаемый остановкой;

- какие-то имеют непрерывный режим работы S1 – двигатель работает при постоянной нагрузке продолжительное время.

Для определения технического состояния электродвигателя, для своевременного предотвращения ущерба при кратковременном режиме работы целесообразно использовать методы тестовой диагностики, которые, как правило, используются для оценки состояния отдельных узлов, во втором случае – методы функциональной диагностики, которые позволяют оценивать состояние электродвигателя во время работы.

Функциональные методы обладают большим потенциалом, но довольно сложны в реализации. Тестовые методы более просты по своей физической сути, но достоверность диагностической информации при их использовании в большинстве случаев невысока.

Разные методы диагностики используют различные физические принципы, поэтому они позволяют характеризовать техническое состояние только в определённой мере.

Каждый метод может реализовываться в различных методиках диагностики, которые отличаются друг от друга алгоритмами обработки информации. Чем сложнее алгоритм, тем более достоверную информацию о техническом состоянии он позволяет получить.

Одним из методов тестовой диагностики, отличающимся высокой достоверностью информации о состоянии обмотки, является метод волновых затухающих колебаний (ВЗК). Одна из базовых методик оценки технического состояния по этому методу, использовавшаяся на практике, состояла в следующем: на вывод обмотки подавался диагностирующий импульс, а на другом выводе регистрировались параметры переходного процесса: измерялись амплитуда 1 и 2 положительного полупериода и период колебания. По этим показателям определялось значение обобщённого диагностического параметра [1]. В дальнейшем это значение сопоставлялось с другими значениями, полученными по этой методике (либо эталонными, либо полученными в ходе предыдущих измерений, либо критическими). Такой подход позволяет судить о техническом состоянии обмотки, но не позволяет делать вывод о виде дефектов и степени их развития.

Метод ВЗК также может быть технически реализован в виде методики, в основе которой лежит спектральный анализ кривой волнового затухающего процесса в обмотке. Данный алгоритм можно осуще-

ствить только с помощью электронного осциллографирования и средств вычислительной техники. Реализация этой методики дороже, чем предыдущей, но по отдельным значениям диагностических частот удаётся определить виды дефектов и степень их развития.

Таким образом, актуальной является задача определения необходимой диагностической поддержки эксплуатации электродвигателя, в различных условиях его работы и задействованных в различных технологических процессах.

Список использованных источников:

1. Сташко, В. И. Диагностика изоляции электродвигателей в сельском хозяйстве на основе использования метода затухающих колебаний в обмотке : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.02 : защищена 24.03.98 : утв. 14.09.98 / Сташко Василий Иванович ; Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. – Барнаул, 1998. – 134 с.

Реквизиты для справок: 656038, Россия, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», энергетический факультет, кафедра «Электроснабжение промышленных предприятий», ст. преподаватель Т. Е. Годецкая; к.т.н., доцент А. А. Грибанов – e-mail: di-read@mail.ru, тел. +7(385-2)29-07-76.

УДК 621.31

КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

К. В. Гритчин, А. Е. Шалимов, С. О. Хомутов

Россия, Алтайский край, г. Барнаул,

ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

Как известно, развитие промышленного и сельскохозяйственного производства неизменно приводит к росту потребления электрической энергии. В свою очередь, увеличение нагрузок на предприятиях отрицательно сказывается на качестве электроэнергии.

В последнее время в нашей стране широко распространились компьютерные системы связи и обработки информации, а также авто-

матические системы управления технологическими процессами и производственными механизмами. При этом несоответствие качества потребляемой такими системами электроэнергии может привести не только к сбоям в работе технологического оборудования, но и к аварийным ситуациям, последствиями которых может стать значительный экономический ущерб [1, 2].

Таким образом, создание системы управления качеством позволит: предупреждать нарушения вместо их обнаружения, управлять процессами вместо их прерывания, анализировать систематические и случайные действующие факторы, прогнозировать локальное и глобальное воздействие на процессы, обеспечивать стабильность производства на основе управления, совершенствовать технологию [3].

Не секрет, что для обеспечения высокого качества электроэнергии необходимо выполнение комплекса мероприятий: организационных, технических, профподготовки, социально-экономических, санитарно-гигиенических. При этом в организации и проведении указанных мероприятий в рамках комплексной системы управления качеством электрической энергии должны принимать участие все основные службы предприятий по видам деятельности: маркетинг, разработка технологического оборудования, материально-техническое снабжение, передача и распределение электроэнергии, контроль и учет, монтаж, эксплуатация, обслуживание и ремонт электрооборудования [3].

В частности, организационные мероприятия включают в себя:

- своевременное и качественное материально-техническое снабжение;
- внедрение научной организации труда;
- надежную работу аварийно-диспетчерской службы;
- соблюдение технологической дисциплины;
- организацию метрологического обеспечения;
- создание координационно-рабочей группы;
- организацию контроля за качеством электрической энергии на всех ступенях электроснабжения и др.

Технические мероприятия позволяют решить задачи:

- оснащенности современным оборудованием, способным обеспечивать высокую надежность электроснабжения и эффективность производства, передачи и распределения энергии;
- полного и наиболее рационального использования установленного энергетического оборудования;
- качественного выполнения работ по ремонту и обслуживанию электрооборудования.

Мероприятия по профессиональной подготовке включают подбор и расстановку кадров, их обучение, повышение квалификации и переподготовку в системе дополнительного образования.

К социально-экономическим мероприятиям относятся:

- мероприятия по рационализации и изобретательству;
- разработка положений о моральном и материальном стимулировании;
- выбор критериев, оценивающих работу исполнителей.

Реализация санитарно-гигиенических мероприятий приводит к:

- обеспечению соответствующего психологического климата;
- повышению культуры производства;
- высоким показателям по охране труда и технике безопасности;
- высокой эстетике производства.

Функциями рассматриваемой комплексной системы управления качеством электроэнергии, которая реализуется на предприятиях сетевой компании ОАО «МРСК Сибири», являются:

- оснащение поставщиков и потребителей электрической энергии современными средствами контроля и учета;
- ознакомление с нормативно-технической документацией;
- разработка и актуализация стандартов предприятия;
- внедрение мероприятий по энергосбережению и энергоэффективности в электрических сетях.

При этом улучшение качества электроснабжения обеспечивается на основе плановых заданий. Другими словами, задачей планирования качества электроэнергии является повышение уровня, в том числе надежности, электроснабжения, рациональное использование трудовых, материальных и финансовых ресурсов, экономия топливно-энергетических ресурсов, отсутствие рекламаций со стороны потребителей электрической энергии.

Как правило, планирование осуществляется на основе изучения значений показателей качества электрической энергии, достигнутых за предыдущий период, а также анализа состояния технического уровня производства, передачи и распределения энергии, организации трудовых процессов по эксплуатации, ремонту и т. д. По результатам анализа ежегодно составляется план повышения качества продукции (для предприятий энергетической отрасли – электроэнергии) и труда [3].

Таким образом, в ходе проведенного исследования были рассмотрены организационные, технические и иные мероприятия, призванные обеспечить высокое качество электрической энергии, реализуемые электросетевыми и сбытовыми компаниями. При этом планирование качества электроэнергии предложено осуществлять на основе

системного анализа с использованием теории оптимизации, которые позволят минимизировать издержки, связанные с некачественным электроснабжением.

Список использованных источников:

1. Гаврилов, Ф. А. Качество электрической энергии : учеб. пособие / Ф. А. Гаврилов. – Мариуполь : Приазовский ГТУ, 2007. – 96 с.
2. Жежеленко, И. В. Показатели качества электроэнергии и их контроль на промышленных предприятиях / И. В. Жежеленко, Ю. Л. Саенко. – М. : Энергоатомиздат, 2000. – 252 с.
3. Громов, Н. К. Рекомендации по разработке систем управления качеством продукции / Н. К. Громов, М. И. Николаев, Л. М. Власова. – М. : Стройиздат, 1986.

Реквизиты для справок: 656038, Россия, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», энергетический факультет, кафедра «Электроснабжение промышленных предприятий», студент К. В. Гритчин – e-mail: kirixa_gritchin@mail.ru, тел. +7-962-792-72-07; студент А. Е. Шалимов – e-mail: shalimov92@mail.ru, тел. +7-961-236-41-12; доктор технических наук, профессор С. О. Хомутов – e-mail: soh@mail.ru, тел. 8(3852)29-07-61.

УДК 621.311.26

ПРИМЕНЕНИЕ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ ОСВЕЩЕНИЯ НА БАЗЕ СОЛНЕЧНЫХ МОДУЛЕЙ ДЛЯ ПАРКОВЫХ ЗОН

А. И. Гуськова

Россия, Челябинская область, г. Миасс,
ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет»

В современном мире в условиях нарастающего дефицита энергии, угрозы мирового энергетического кризиса и глобальной экологической катастрофы большое значение для перехода к устойчивому развитию России и мирового сообщества имеет альтернативная энергетика, которой уделяется все большее внимание в теории и практике [2].

На рынке электроэнергии стоимость для потребителей складывается из стоимости электроэнергии на оптовом рынке электроэнергии

плюс стоимость услуг инфраструктурных организаций плюс за услуги по передаче плюс бытовые надбавки гарантирующего поставщика электрической энергии. Таким образом, ее стоимость для потребителя увеличивается примерно в два раза.

В настоящее время прослеживаются активные мировые тенденции на переход к возобновляемым источникам энергии, которые способны в будущем избавить человечество от многих проблем. Наиболее востребованной альтернативой традиционным источникам энергии является сегодня гелиоэнергетика, использующая солнечный потенциал. Например, солнечные батареи уже прочно вошли в нашу жизнь, преобразуя солнечную энергию в электрический ток и обеспечивая электроснабжение не только для одного дома, а для целых кварталов и промышленных объектов. В последнее время во многих развитых странах все чаще можно наблюдать уличное освещение на солнечных батареях, которое используют как для подсветки городских улиц, так и для освещения лужаек возле дома.

При анализе и выборе того или иного альтернативного преобразователя энергии (АПЭ), кроме эколого-экономической эффективности, необходимо учитывать географический, территориальный фактор преобладания потенциала конкретного вида возобновляемого источника энергии, доступность (экономичность, рентабельность) его использования на рассматриваемой территории. При анализе и выборе АПЭ следует руководствоваться известными картами, указывающими территориальное преобладание потенциала [1].

Наиболее частое применение автономных систем — это освещение территории, дорог, тротуаров и других объектов. Благодаря наличию аккумулятора, позволяющего сохранять заряд в течение нескольких дней пасмурной погоды, источники освещения могут применяться практически повсеместно.

Если рассмотреть и просчитать возможность внедрения автономных светодиодных светильников для освещения парковой зоны, то возможность электроснабжения независимо от энергосети позволяет не только экономить на энергоресурсах, но и окупить светодиодные светильники на солнечных батареях менее чем за полтора года. Кроме того несомненным преимуществом автономных систем освещения на базе солнечных модулей является безопасность для окружающей среды, они не требуют утилизации (за исключением аккумуляторных ячеек), полностью бесшумны, не мерцают [3].

Список использованных источников:

1. Нестеров, П. М. Экономика природопользования и рынок / П. М. Нестеров, А. П. Нестеров. – М. : ЮНИТИ, 1997. – 413 с.
2. Базуев, А. В. Философия малой энергетики / А. В. Базуев // Энергетика и промышленность России. – 2005. – № 9.
3. Беляев, Ю. М. Критерии эколого-экономической эффективности энергетических технологий / Ю. М. Беляев // Промышленная энергетика. – 2003. – № 8. – С. 39–44.

Реквизиты для справок: 456318, Россия, Челябинская область, г. Миасс, пр. Октября, 16, ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет) в г. Миассе, электротехнический факультет, кафедра «Автоматика», аспирант А. И. Гуськова – e-mail:gusena86@mail.ru, тел. +7-951-819-72-62

УДК 621.311 : 681.3

ИНФОРМАЦИОННО-ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ»

И. А. Гутов

Россия, Алтайский край, г. Барнаул,

ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

Миссия Алтайского государственного технического университета имени И. И. Ползунова (АлтГТУ) в области качества образования – это уровневая подготовка высококвалифицированных специалистов и научных кадров, соответствующая мировым стандартам, обеспечивающая признание наших выпускников во всех регионах нашей страны и за рубежом, и эффективная реализация инноваций в образовании и науке для удовлетворения потребностей личности, общества и государства. Для выполнения миссии, стратегического видения и целей университет определил политику в области качества, воплощенную в комплексных и целевых программах совершенствования и развития по направлениям деятельности, соответствующих университету инновационного типа – региональному лидеру инженерного образования.

Одной из таких программ является существенное приращение и модернизация материально-технической базы университета по объектам научно-учебной деятельности и социальной сферы [1]. В рамках данной программы необходимо постоянное совершенствование образовательного процесса. Это достигается различными путями, например: использованием новых образовательных технологий, улучшением учебно-методического, материально-технического и информационного обеспечения учебного процесса и др.

В настоящее время актуально развитие и совершенствование материально-технической базы учебного заведения. Реализации данного направления способствует широкое внедрение технических средств обучения, оснащение учебных лабораторий новейшим оборудованием и приборами, модернизация лабораторных стендов на современной элементной базе, разработка современного информационно-программного обеспечения.

На кафедре «Электроснабжение промышленных предприятий» АлтГТУ ведутся работы по совершенствованию и интенсификации учебного процесса и его технического обеспечения. Разрабатываются пакеты прикладных программ для проведения лабораторных работ, тестирования знаний студентов, автоматизации типовых расчетов при проектировании, электронные обучающие тренажеры-конструкторы, лабораторные стенды по специальным учебным дисциплинам [2–6], в том числе и по курсу «Электроэнергетические системы и сети».

Учебная дисциплина «Электроэнергетические системы и сети» является одной из обязательных базовой (общепрофессиональной) части профессионального цикла направления 140400 «Электроэнергетика и электротехника». Цель освоения этой дисциплины – это развитие профессиональных компетенций, в соответствии с которыми обучающийся должен обладать знаниями в области передачи и распределения электрической энергии, электрических систем и сетей для проектно-конструкторской деятельности. Студенты должны изучить теорию передачи электрической энергии переменным током, физику процессов, происходящих в электрических сетях и системах, способы моделирования элементов и электрической сети в целом, методы расчёта их эксплуатационных режимов, основы проектирования электрических сетей, методы и методики расчета и выбора основных элементов электрических сетей, получить практические навыки по проектированию электрических сетей, выбору и расчету основного электрооборудования электрических систем и сетей, а также иметь представление о требованиях к улучшению режимов электрических сетей и об условиях оптимального управления ими [7].

Для проведения лабораторных работ и практических занятий по курсу «Электроэнергетические системы и сети» был разработан электронный лабораторный практикум с участием студентов [2–6], который включает в себя следующие элементы:

- информационно-справочная система «Линии электропередачи»;
- пакет программ для выполнения лабораторных работ «Моделирование элементов электрических сетей»; «Выявление закономерностей изменения потерь мощности и напряжения в электрической сети»; «Выявление влияния емкостных элементов на потери мощности и напряжения в электрической сети»;
- обучающий тренажер-конструктор «Схемы принципиальные электрические распределительных устройств подстанций 35–750 кВ»;
- программа «Проектирование районной электрической сети»;
- обучающие 3D-фильмы «Конструкция воздушной линии электропередачи», «Устройство силового кабеля»;
- электронные тесты по всем модулям учебной дисциплины.

Данные программы реализованы на персональной ЭВМ в операционной системе MS Windows.

Разработанное программное обеспечение имеет цель закрепить и систематизировать знания, полученные по дисциплине «Электроэнергетические системы и сети», и предназначено для использования в учебном процессе студентами направления «Электроэнергетика и электротехника» всех форм обучения.

Программы содержат следующие разделы: теоретический материал, практическое задание, проверка знаний, справочный материал, отчет, о программе, инструкция пользователя.

Теоретический материал представлен в виде текстовой и графической информации по соответствующим вопросам учебного курса.

Разработанные программы предлагают простой, удобный и интуитивно понятный стандартный интерфейс, который предусматривает диалоговый режим работы и контекстную помощь, использование меню, поиск данных по ключевым параметрам. Пользователю представляется не только текстовая, но и графическая информация (схемы, графики, рисунки и т. д.). Вывод расчетных данных производится в форме таблиц, что позволяет студенту легко воспринимать и использовать их в дальнейшем для составления отчета о проделанной работе.

Студенты, выполняющие лабораторную работу, имеют возможность просмотреть форму с экспериментальными данными для отчета, ознакомиться с информацией о разработчиках, а также с подробной инструкцией пользователя и списком «горячих» клавиш для работы с программой.

В настоящее время в процессе обучения широко используются компьютерные технологии. Они находят свое применение во всех видах учебного процесса: на лекционных и практических занятиях, при выполнении лабораторных работ. Выполнение студентами лабораторных работ на ЭВМ является важным средством более глубокого изучения учебного материала и приобретения практических навыков.

При изучении таких сложных технических систем, как электрические сети, и режимов их работы возникает необходимость моделирования, как самих объектов, так и процессов, которые в них протекают. Это актуально не только в научных целях, но и в учебном процессе при изучении соответствующих дисциплин, поскольку очень сложно и трудоемко исследовать реальный объект. Обычно при решении этих задач необходимо сделать большое количество вычислений, поэтому в этом случае целесообразно использовать возможности ЭВМ. В учебном процессе необходимо использовать существующие инженерные, научные или учебные программы и специально разработанные учебно-методические комплексы.

Качество обучения студентов напрямую зависит от степени применения преподавателем различных слагаемых педагогической технологии. Особое значение имеет комплексный подход к использованию разнообразных способов организации обучения.

Внедрение и широкое использование электронных учебно-методических программных комплексов является одной из задач информатизации и интенсификации образовательного процесса в высших учебных заведениях. Использование данных разработок дает возможность обеспечить качественно новый уровень проведения учебных занятий, как по содержанию, так и по методике. Это способствует активизации самостоятельной работы студента, учебно-познавательной деятельности, повышает эффективность и качество труда студентов и преподавателей.

Список использованных источников:

1. Миссия, видение и политика в области качества. ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова» / Ректор О. И. Хомутов. 22 марта 2012 г. – 1 с.

2. Гутов, И. А. Активизация работы студентов на основе использования электронных лабораторных практикумов / И. А. Гутов // Проблемы модернизации высшего профессионального образования в контексте Болонского процесса : материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2004. – С. 168–170.

3. Гутов, И. А. Информационно-программное и техническое обеспечение лабораторно-практических занятий по учебным дисциплинам для специальности «Электроснабжение» / И. А. Гутов // Вестник Алтайского государственного технического университета им. И. И. Ползунова : приложение к журналу «Ползуновский альманах». – 2006. – № 2. – С. 35–40.

4. Гутов, И. А. Моделирование электрических сетей на ЭВМ в учебных целях / И. А. Гутов [и др.] // Горизонты образования [Электронный ресурс]. – Электрон. науч. журнал. – 2007. – Вып. 9. – Приложения : 4-я Всероссийская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и молодежь» (НиМ-2007) (г. Барнаул, АлтГТУ, апрель, 2007 г.). Секция «Энергетика». Подсекция «Электроснабжение промышленных предприятий». – Режим доступа : http://edu.secna.ru/media/f/epp_.pdf – Загл. с экрана.

5. Гутов, И. А. Создание банка данных для тестирования студентов электротехнических специальностей / И. А. Гутов // Ползуновский вестник. – 2011. – № 2/2. – С. 80–86.

6. Минченко, В. В. Обучающий тренажер-конструктор «Схемы принципиальные электрические распределительных устройств подстанций 35–750 кВ» / В. В. Минченко, И. В. Пастухов, И. А. Гутов // Горизонты образования [Электронный ресурс]. – Электрон. науч. журнал. – 2013. – Вып. 15. – Приложения : 10-я Всероссийская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и молодежь - 2013» (НиМ-2013) (г. Барнаул, АлтГТУ, апрель – июнь 2013 г.). Секция «Электроэнергетика». Подсекция «Электроснабжение промышленных предприятий». – Режим доступа: http://edu.secna.ru/media/f/epp_tez_2013.pdf – Загл. с экрана.

7. СТО АлтГТУ 13.62.1.0213-2011. Стандарт организации. Система качества АлтГТУ. Образовательный стандарт высшего профессионального образования АлтГТУ. Образовательный стандарт учебной дисциплины. Электроэнергетические системы и сети. Направление подготовки – 140400 «Электроэнергетика и электротехника». Код дисциплины – Б.3.7. ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова».

Реквизиты для справок: 656038, Россия, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», энергетический факультет, кафедра «Электроснабжение промышленных предприятий», к.т.н., доцент И. А. Гутов, тел. +7(385-2)29-07-76.

УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ПРОМЫШЛЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В

В. В. Дубинин, А. Н. Попов
Россия, Алтайский край, г. Барнаул,
ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

Качество электроэнергии является ключевым показателем, влияющим на надёжность работы технологического оборудования и энергосистемы предприятия в целом.

Если качество электроэнергии не соответствует параметрам, определенным в ГОСТ 54149–2010, могут возникать сбои в работе оборудования, снижаться экономические показатели работы энергосистемы [1].

На рисунке 1 показана статистика нарушений показателей качества электроэнергии.

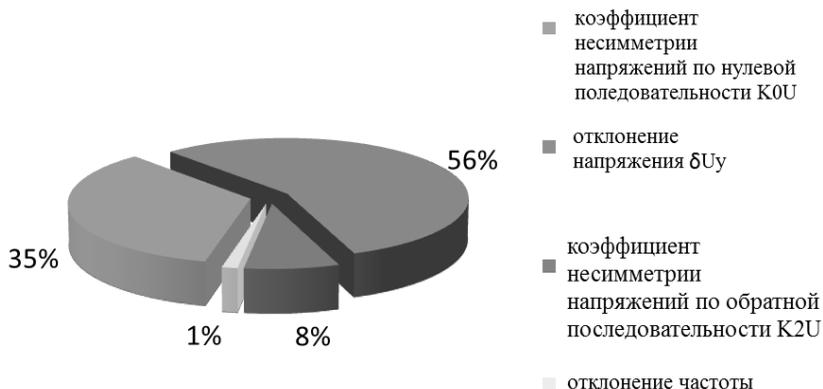


Рисунок 1 – Статистика нарушений показателей качества электроэнергии

Как показывают исследования, нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения далеко не всегда соблюдаются. Это приводит к неоптимальным режимам работы и даже к повреждениям элементов систем электроснабжения и приёмников электроэнергии, а также к увеличению потерь энергии. Поэтому

в настоящее время весьма актуальной является проблема контроля и поддержания (регулирования) качества электроэнергии [2].

Несмотря на то, что при генерации электроэнергии напряжение имеет классическую синусоидальную форму, к тому моменту, когда оно достигает конечного потребителя, его качество заметно ухудшается. В большинстве случаев это провалы напряжения и колебания частоты, которые могут привести к выходу из строя электроприемников [3].

В связи с этим необходим комплексный контроль качества электроэнергии.

Целью работы является разработка устройства, позволяющего потребителю производить контроль качества электроэнергии, осуществляя мониторинг напряжения и частоты в сети 380 В.

На рисунке 2 представлена структурная схема устройства контроля показателей качества электроэнергии.

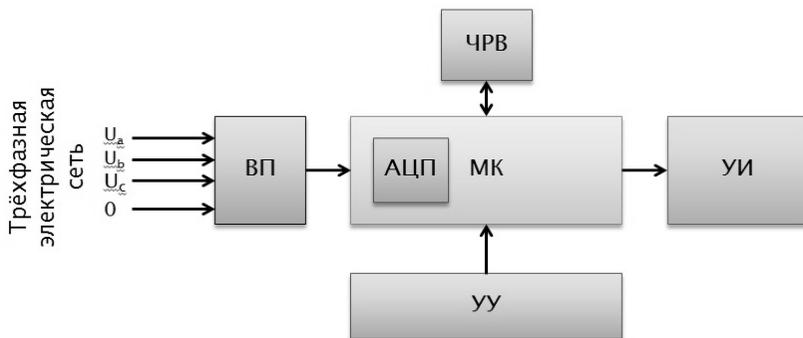


Рисунок 2 – Структурная схема устройства

ВП (входной преобразователь) осуществляет преобразование фазных напряжений 0,38 кВ в эквивалентно смасштабированные три синусоидально меняющихся напряжения для фаз А, В и С соответственно. АЦП (аналогово-цифровой преобразователь) осуществляет преобразование плавно изменяющихся и поступающих от блока ВП в их цифровой эквивалент. МК (микроконтроллер) на основании поступающих от блока АЦП мгновенное значение фазового напряжения осуществляет вычисления действующего значения фазного напряжения, частоты сетевого напряжения, коэффициента несинусоидальности и коэффициента несимметрии. Так же МК осуществляет вычисление и накопление статистики о показателях качества электроэнергии (максимальное и минимальное напряжение за период, максимальная и ми-

нимальная частота и т. д.). УУ (устройство управления) управляет режимами работы устройства, позволяя оператору выбрать те показатели качества электроэнергии, которые будут отображаться на устройстве индикации.

Разработанное устройство необходимо для контроля качества электроэнергии. Оно позволит предотвратить такие события, как увеличение потерь активной мощности и электроэнергии, сокращение срока службы электрооборудования и преждевременный выход его из строя; нарушение нормального хода технологического процесса производства у потребителей, что приводит к снижению качества производимой продукции и увеличению энергозатрат на производство, а следовательно позволит сократить денежные потери энергообеспечивающей компании.

Список использованных источников:

1. ГОСТ Р 54149–2010 ССБТ. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Введ. 2010–12–21. – М. : Изд-во стандартов, 2012. – 20 с.

2. Гамазин, С. И. Качество электроэнергии. Определение фактического вклада потребителя в искажение параметров качества электрической энергии / С. И. Гамазин, В. А. Петрович, В. Н. Никифорова // Промышленная энергетика. – 2003. – № 1. – С. 32–38.

3. Актуальные вопросы мониторинга качества электрической энергии / В. С. Соколов [и др.] // Технологии ЭМС. – 2002. – № 1. – С. 61–68.

Реквизиты для справок: 656038, Россия, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», энергетический факультет, кафедра «Электроснабжение промышленных предприятий», магистрант В. В. Дубинин – e-mail: storm2560@mail.ru, тел. +7(385–2)29–07–76; к.т.н., доцент А. Н. Попов – e-mail: oleandr78@mail.ru, тел. +7(385–2)29–07–76.

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАСЧЕТ МЕХАНИЧЕСКОЙ
ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРЕХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО
КОРОТКОЗАМКНУТОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ, ЗАПУСК
И РАБОТА КОТОРОГО ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ ОТ ОДНОФАЗНОЙ
СЕТИ ПОСРЕДСТВОМ ВЕКТОРНО-АЛГОРИТМИЧЕСКОЙ
КОММУТАЦИИ СТАТОРНЫХ ОБМОТКОВ**

С. Ю. Еремочкин

Россия, Алтайский край, г. Барнаул,
ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

Одними из основных потребителей электроэнергии в сельском хозяйстве в настоящее время являются асинхронные электроприводы различных машин и механизмов, а также систем вентиляции и микроклимата [1]. На основании проведенного анализа [2] установлено, что в электроприводе сельскохозяйственных электрифицированных машин предпочтительнее использование трехфазных асинхронных короткозамкнутых двигателей. При непосредственном питании от однофазной сети переменного тока для запуска и работы трехфазного асинхронного короткозамкнутого электродвигателя целесообразно использовать разработанный однофазно-трехфазный транзисторный реверсивный коммутатор, ведомый однофазной сетью [3]. Для оценки эффективности разработанного однофазно-трехфазного транзисторного реверсивного коммутатора построим его механическую характеристику и сравним с естественной при питании от трехфазной сети.

При несимметричном питании статорных обмоток электродвигателя при векторно-алгоритмическом управлении с использованием однофазно-трехфазного коммутатора работу асинхронного электродвигателя лучше всего представить, разложив несимметричную систему напряжений на статорных обмотках на две симметричные системы – прямую и обратную [4]. Каждая составляющая напряжений обеспечивает возникновение своего момента ($M_{пр}$ и $M_{обр}$). Результирующий электромагнитный момент асинхронного двигателя равен алгебраической сумме:

$$M = M_{пр} + M_{обр}. \quad (1)$$

На рисунке 1 представлены механические характеристики трехфазного электродвигателя ($P_{н}=16$ Вт, $U_{н}=220/380$ В, $I_{н}=0,17/0,1$ А, $n_{н}=1300$ об/мин, $\lambda = 1,6$), питающегося по схеме, представленной в [3].

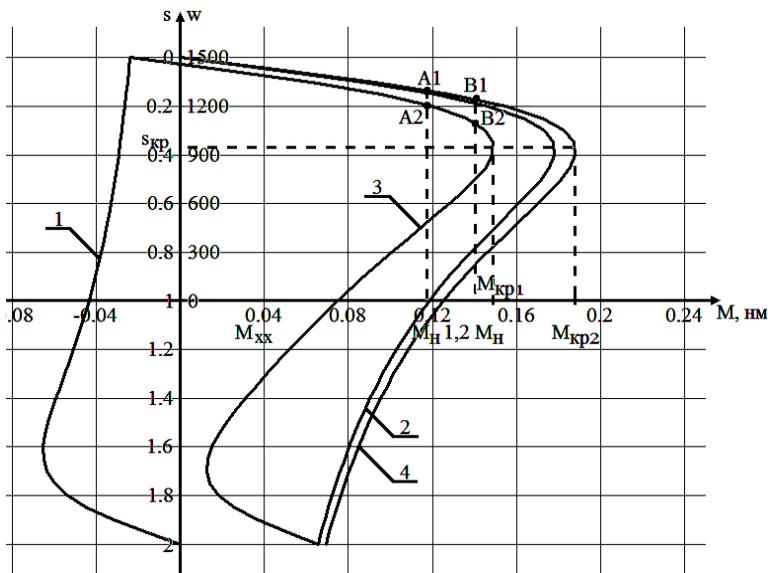


Рисунок 1 – Механические характеристики асинхронного электродвигателя лабораторной установки

На рисунке 1 используются следующие обозначения:

- 1 – механическая характеристика обратной составляющей момента, при работе электродвигателя на искусственной характеристике;
- 2 – механическая характеристика прямой составляющей момента, при работе электродвигателя на искусственной характеристике;
- 3 – искусственная механическая характеристика электродвигателя, запуск и работа которого осуществляется от однофазной сети с помощью разработанного однофазно-трехфазного транзисторного реверсивного коммутатора;
- 4 – естественная механическая характеристика двигателя.

Из рисунка 1 видно, что пусковой момент суммарной характеристики равен 0,075 нМ, что составляет примерно 60 % от пускового момента (0,125 нМ) на естественной характеристике. Критический момент $M_{кр1}$ суммарной характеристики равен 0,1488 нМ, что составляет 79 % от $M_{кр2}=0,188$ нМ естественной характеристики, кратность пускового момента к номинальному уменьшается с 1,06 до 0,64, а кратность критического момента по отношению к номинальному уменьшается с 1,6 до 1,27.

Таким образом, на основании изложенного, можно сделать выводы о том, что трехфазный асинхронный электродвигатель при данном способе питания от однофазной сети:

- рекомендуется пускать на холостом ходу или с моментом сопротивления равным $0,6 M_n$, а затем подключать нагрузку; причем при использовании предлагаемой схемы коммутатора в электроприводе вентилятора включать электродвигатель можно сразу на нагрузку;

- электродвигатель может длительно работать с моментом сопротивления равным номинальному моменту (точка A2), при этом будет несколько снижена номинальная скорость (с 1300 до 1200 об/мин) всего примерно на 7,7 %;

- электродвигатель может длительно работать с моментом, равным $1,2 M_n$ (точка B2);

- так как скорость вращения при номинальном моменте незначительно отличается (меньше на 7,7 %) от номинальной, то производительность электропривода с таким включением асинхронного электродвигателя падает незначительно.

Список использованных источников:

1. Епифанов, А. П. Электропривод в сельском хозяйстве / А. П. Епифанов, А. Г. Гушинский, Л. М. Малайчук. – М. : Изд-во «Лань», 2010. – 224 с.

2. Халина, Т. М. Проблемы энергетики при использовании электрической энергии для электропривода сельскохозяйственных машин в отдаленных фермерских хозяйствах / Т. М. Халина, М. И. Стальная, С. Ю. Еремочкин // НАН Азербайджана. – Баку: Изд-во ЭЛМ. – Проблемы энергетики. – 2012. – № 1. – С. 37–44.

3. Однофазно-трехфазный транзисторный реверсивный коммутатор, ведомый сетью : пат. 121976 Рос. Федерация. № 2012124138/07; заявл. 08.06.2012; опубл. 10.11.2012.

4. Ключев, В. И. Теория электропривода / В. И. Ключев. – М. : Энергоатомиздат, 1998. – 704 с.

Реквизиты для справок: 656038, Россия, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», энергетический факультет, кафедра «Электротехника и автоматизированный электропривод», аспирант С. Ю. Еремочкин – e-mail: S.Eremochkin@ya.ru, тел. +7(385-2)29-08-64.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК СОВМЕСТНО С ДИЗЕЛЬНЫМИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯМИ В СИСТЕМАХ АВТОНОМНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Е. М. Жилинских, В. А. Капустин
Россия, Алтайский край, г. Барнаул,
ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

В настоящее время во всем мире продолжает сохраняться большое число районов, значительно удаленных от электрических сетей, но которым требуется электрическая энергия. С другой стороны, сегодня ученые уделяют все больше внимания возможности использования возобновляемых источников энергии. При этом места, которые отдалены от электросетей, как правило, характеризуются наличием ветро- и гидроэнергетических ресурсов.

Как показали выполненные на территории Алтайского края исследования, наиболее перспективным и развивающимся направлением в электроснабжении децентрализованных объектов является ветроэнергетика. Однако отсутствие до настоящего времени методов и средств совместного управления ветроэнергетическими установками (ВЭУ) и дизельными электростанциями (ДЭС) с учетом специфики процессов электро- и теплоснабжения в автономных системах приводит к задержке и низкой эффективности использования ВЭУ.

Как известно, ветроэнергетическая установка – это устройство для преобразования кинетической энергии ветрового потока в механическую энергию вращения ротора и преобразования этой энергии в электрическую.

ВЭУ можно разделить на две категории: промышленные и бытовые (для частного использования). Основное отличие от традиционных (тепловых, атомных) источников энергии заключается в полном отсутствии как сырья, так и отходов. Единственное важное требование для ВЭС – высокий среднегодовой уровень ветра. При этом мощность современных ветрогенераторов достигает 7,5 МВт [1].

Не секрет, что ветер является сложным геофизическим процессом, возникающим из-за различия температуры воздуха в атмосфере вследствие неравномерного нагрева солнцем земной поверхности. Главной особенностью ветра является его значительное непостоянство

во времени. Изменяющаяся в больших пределах кинетическая энергия ветрового потока приводит к тому, что мощность, развиваемая ВЭУ, не может быть постоянной. Поэтому работа по вынужденному графику, определяемому естественным режимом ветра, не позволяет применять ветроэнергетические установки в качестве единственных источников электроснабжения, и приводит к необходимости их комбинирования с дизельными электростанциями [2].

Таким образом, основная цель данной работы заключается в создании методики экономического обоснования целесообразности применения ВЭУ в системах автономного электроснабжения (САЭ).

В качестве основы для создания методики расчета экономической эффективности САЭ с ВЭУ были взяты методические рекомендации по оценке экономической эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования. В качестве объекта инвестиций рассматривается система энергообеспечения с ВЭУ и ДЭС. В рамках методики по принятым показателям экономической эффективности производится количественная оценка вариантов комплектации оборудованием систем автономного электроснабжения.

Задача выбора экономически целесообразного варианта комплектации САЭ с ВЭУ и ДЭС решается путем выполнения расчетов сравнительной экономической эффективности инвестиций, которые связаны с определением текущих затрат себестоимости выработки электроэнергии и дополнительных единовременных затрат – капиталовложений, привлекаемых для снижения текущих затрат (себестоимости). Для выбора наиболее экономичного варианта используется единый показатель – приведенные затраты.

При оценке целесообразности применения ветроэнергетических установок в системах автономного электроснабжения необходимо учитывать не только ветровую активность в зоне расположения автономного объекта, но и состав потребителей, характер изменения суточного и сезонного графика тепловой и электрической нагрузки, а также объем аккумулирования энергии, необходимый для функционирования автономного объекта.

Важным фактором, влияющим на эффективность использования ВЭУ в САЭ, является использование внутренних возможностей автономного объекта за счет аккумулирующих свойств потребителей выравнивать график энергопотребления или видоизменять его в соответствии с возможностями ветроэнергетических установок.

Проведенный в соответствии с названной методикой расчет средней стоимости электроэнергии показал, что в диапазоне малых мощностей в целях снижения средней годовой стоимости электроэнер-

гии эффективнее использовать одну ветроустановку, чем несколько ВЭУ меньшей мощности. Данное утверждение справедливо, если при этом обеспечена необходимая надежность работы ВЭУ в системах автономного электроснабжения.

Список использованных источников:

1. Ветрогенератор [Электронный ресурс]. – Электрон. данные. – Режим доступа : <http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%E5%F0%EE%E3%E5%ED%E5%F0%E0%F2%EE%F0>. – Загл. с экрана.

2. Фатеев, Е. М. Как сделать самому ветроэлектрический агрегат / Е. М. Фатеев. – Л. : Изд-во Госэнергоиздат, 1949. – 66 с.

Реквизиты для справок: 656038, Россия, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», энергетический факультет, кафедра «Электроснабжение промышленных предприятий», студент Е. М. Жилинских – e-mail: jem2809@mail.ru, тел. +7-913-271-12-80; студент В. А. Капустин – e-mail: kapustin@mail.ru, тел. +7-913-020-43-22.

УДК 621.311.21

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В АЛТАЙСКОМ КРАЕ

В. М. Иванов, П. П. Свит, Б. В. Сёмкин, Т. Ю. Иванова, И. А. Бахтина
Россия, Алтайский край, г. Барнаул,
ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

В России и Алтайском крае имеются районы, где по экономическим, экологическим и социальным условиям целесообразно приоритетное развитие возобновляемой энергетики, в том числе нетрадиционной и малой [1]. Кроме того, развитие и внедрение электроэнергостановок, использующих возобновляемые источники энергии относится к понятию «энергосбережение» согласно ГОСТ Р 51387–99, что делает развитие данного направления актуальным в свете ряда государственных документов и программ в области энергосбережения и энергоэффективности (закон РФ «Об энергосбережении», федеральная программа «Модернизация электроэнергетики России на период до 2020

года», целевая программа «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в Алтайском крае на 2011–2015 годы и на перспективу до 2020 года»). Одним из объектов, где эффективно используются возобновляемые источники энергии, является микро-ГЭС, установленная на Кольванском камнерезном заводе в с. Кольвань Курьинского района по проекту, разработанному на кафедре теплотехники, гидравлики и водоснабжения, водоотведения (ТГиВВ) Алтайского государственного технического университета (АлтГТУ).

Кольванский камнерезный завод был основан в 1802 году. На Кольванском камнерезном заводе было создано большое количество произведений искусства, известных во всем мире. В настоящее время Кольванский камнерезный завод эффективно работает. На заводе установлено новое оборудование. В 2002 году Кольванскому камнерезному заводу исполнилось 200 лет. В связи с этим Администрацией Алтайского края было принято решение о восстановлении исторического памятника, включая водоналивное колесо и гидротехнические сооружения. Работы по реконструкции возглавило предприятие ГУП «Алтайавтодор».

В лаборатории гидротехнических сооружений малых гидроузлов и микро-ГЭС кафедры ТГиВВ АлтГТУ, была создана модель водоналивного колеса. Оптимизирована форма лопаток, позволяющая получить наполнение около 50 % от максимально возможного объема (объема полукольца). С применением водоудержателя, расположенного в нижней четверти колеса и выполненного в виде радиально изогнутой стенки с зазором 10 мм от колеса, удалось увеличить наполнение до 60 %. Увеличивая наполнение колеса, мы можем при одной и той же снимаемой мощности уменьшить его размеры.

По разработанной в [2] комплексной методике расчета микро-ГЭС и на основе данных, полученных при исследовании модели водоналивного колеса, был разработан проект микро-ГЭС с водоналивным колесом в натуральную величину диаметром 5,5 м, шириной 0,9 м.

Фундаментальная научная проблема, на решение которой направлен проект, – это разработка новых и усовершенствование ранее известных электроэнергостановок и оборудования, использующих возобновляемые источники энергии.

В результате работ, проведенных на Кольванском камнерезном заводе, установлена микро-ГЭС с водоналивным колесом диаметром 5,5 м, с одноканальной системой автоматического управления (САУ) электрогенератором и блоком автоматического управления электрической нагрузкой (БАУН). В качестве генератора использовался промышленный электродвигатель с короткозамкнутым ротором серии

АИР 180М8УЗ, мощностью 15 кВт и синхронной скоростью вращения 750 об/мин. Основные характеристики микро-ГЭС приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные характеристики микроГЭС с водоналивным колесом 5,5 м

Мощность, кВт		Напор, м		Расход, м ³ /с	Номинальное напряжение, В		Номинальная частота, Гц
Номинальная	Максимальная	Статический	Рабочий		Фазное	Линейное	
12,0	15,0	6,0–6,5	5,5	0,55	230 ⁺¹⁵ ₋₃₀	400 ⁺²⁵ ₋₅₀	50 ± 2,5

На Колыванском камнерезном заводе микро-ГЭС работает в штатном режиме с 2002 г. и вырабатывает электроэнергию для его нужд.

Другим объектом является микро-ГЭС, установленная в 2012 году в п. Новозыково Красногорского района по проекту, разработанному на кафедре ТГиВВ. Микро-ГЭС состоит из водоналивного колеса диаметром 3 м, шириной 0,88 м, САУ и БАУН. Максимальная вырабатываемая мощность 10 кВт.

Работы по строительству гидротехнических сооружений и установке микро-ГЭС возглавил директор ЗАО «Тайнинское» С. П. Киреев. Основные направления деятельности хозяйства – животноводство и полеводство. В настоящее время активно развивается туризм.

Высокие технико-экономические показатели микро-ГЭС достигнуты за счет применения оригинальных конструкторских решений авторов, защищенны патентами РФ на изобретения и полезные модели [3, 4]. Работа вышеуказанных микро-ГЭС показывает, что такие электроэнергетические установки могут эффективно использоваться для энергосбережения и электроснабжения автономных потребителей (небольших производств, предприятий сельского хозяйства, туристических баз и др.) малой мощности круглый год.

Список использованных источников

1. Елистратов, В. В. Возобновляемая энергетика / В. В. Елистратов. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2011. – 239 с.
2. Свит, П. П. Низконапорные микро-ГЭС с автобалластным регулированием (сфера эффективного применения, расчет, проектирование и эксплуатация) : монография / П. П. Свит [и др.]. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2007. – 160 с.

3. Патент на изобретение № 2306453. Устройство для преобразования энергии воды в электроэнергию / В. М. Иванов [и др.]. – Заявка № 2005133292; заявл. 28.10.05; опубл. в Б.И., 20.09.07, Бюл. № 26.

4. Патент на полезную модель № 95560. Устройство для выработки электрической энергии из энергии воды / В. М. Иванов [и др.]. – Заявка № 2010105722; заявл. 17.02.10; опубл. в Б.И. 10.07.10, Бюл. № 19.

Реквизиты для справок: 656038, Россия, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», энергетический факультет, кафедра «Теплотехника, гидравлика и водоснабжение, водоотведение», д.т.н., профессор В. М. Иванов – igvv@mail.ru, +7(385-2)29-07-84; к.т.н., доцент П. П. Свит – spp0304@mail.ru, г. Барнаул, «Управление Алтайского края по промышленности и энергетике», экспертно-аналитический отдел в сфере энергетики, + 7(385-2)36-81-15; д.т.н., профессор Б. В. Сёмкин – sbv@mail.altstu.ru, кафедра «Естествознание и системный анализ», +7(385-2)29-09-66; к.т.н., доцент Т. Ю. Иванова – trodivilina@mail.ru; к.т.н., доцент И. А. Бахтина – bia-altai@mail.ru, кафедра «Теплотехника, гидравлика и водоснабжение, водоотведение», +7(385-2)29-07-84.

УДК 621.31

МЕХАНИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ КОЛЕБАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ЭНЕРГИЮ

А. Ю. Климачёв, М. Д. Шарипов, И. В. Белицын

Россия, Алтайский край, г. Барнаул,

ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова»

В настоящее время современному человечеству для развития и прогресса нужна электроэнергия, причем потребности в ней увеличиваются с каждым годом. Вместе с тем, запасы традиционных природных топлив (нефти, угля, газа и др.) конечны. Конечны также и запасы ядерного топлива (урана и тория), из которого можно получать в реакторах-размножителях плутоний. Поэтому важно на сегодняшний день найти выгодные источники электроэнергии, работа которых будет экологически чистой, которые будут просты и надежны в конструкции

и при этом не использующие традиционные виды топлива для получения электроэнергии [1].

Целью проведенной авторами работы является создание механизма, преобразующего механическое колебательное движение в электрическую энергию. Механизма, который будет соответствовать всем нормам экологичности, и будет затрачивать минимальное количество внешних ресурсов для выработки энергии.

Для достижения заданной цели ставилась следующая задача – создание устройства преобразования механической энергии в электрическую энергию с помощью двойного маятника [3].

Для изучения процессов колебания двойного маятника была создана виртуальная математическая модель, работа которой основывается на уравнениях колебания Лагранжа, которые представлены ниже [2, 4].

Квадратичный лагранжиан двойного маятника представлен в виде:

$$L = T - V = \left(\frac{m_1}{2} + \frac{m_2}{2} \right) l_1^2 \dot{\alpha}_1^2 + \frac{m_2}{2} l_2^2 \dot{\alpha}_2^2 + m_2 l_1 l_2 \dot{\alpha}_1 \dot{\alpha}_2 - \left(\frac{m_1}{2} + \frac{m_2}{2} \right) g l_1 \alpha_1^2 + \frac{m_2}{2} g l_2 \alpha_2^2.$$

Закон колебаний маятников выражается формулами:

$$\alpha_1(t) = -\frac{\pi}{12} \sqrt{\frac{\mu}{1+\mu}} \cos(\omega_1 t) + \frac{\pi}{12} \sqrt{\frac{\mu}{1+\mu}} \cos(\omega_2 t), \quad \alpha_2(t) = \frac{\pi}{12} \cos(\omega_1 t) + \frac{\pi}{12} \cos(\omega_2 t),$$

где циклические частоты $\omega_{1,2}$ определяются соотношением

$$\omega_{1,2} = \sqrt{\frac{g}{l}} \sqrt{1 + \mu \pm \sqrt{(1 + \mu) \mu}}.$$

где $\mu = m_2/m_1$.

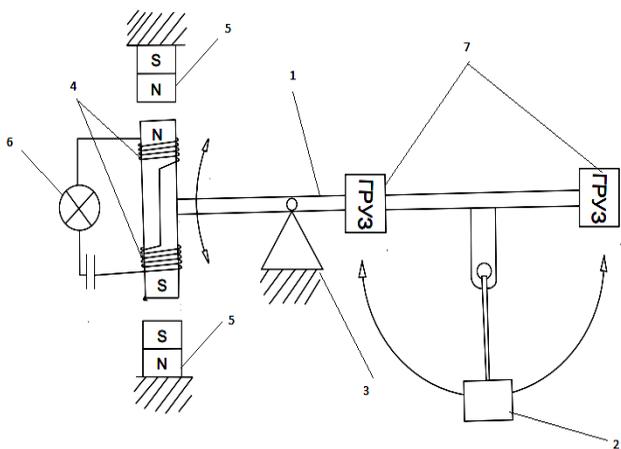
На базе математической модели была построена демонстрационная модель, показанная на рисунке 1.

Доработка демонстрационной модели будет осуществляться путем включения в схему работы электромагнитов, которые будут давать толчок для маятника № 2. К катушкам индуктивности, расположенным в левой части модели, будет закреплен вольтметр. Система ограничения движения большого маятника не претерпит изменений.

В заключение нужно сказать, что при помощи виртуальных математических моделей, авторами был изучен принцип взаимодействия двух маятников между собой и работы механизма в целом.

На сегодняшний день была собрана пробная экспериментальная модель, которая в отличие от уже известных моделей генераторов (дизельных генераторов, электрогенераторов) имеет простую конструкцию, надежна и проста в эксплуатации.

В дальнейшем авторами планируется доказать, что данный механизм выступает в роли мощного механического преобразователя мощности.



- 1 – маятник № 1 (коромысло); 2– маятник № 2; 3 – неподвижная опора;
 4 – катушки индуктивности; 5 – тормозящие магниты; 6 – лампа накала;
 7– противовесы для уравнивания системы (подвижные);
 8 – рабочий магнит

Рисунок 1 – Демонстрационная модель преобразования механического колебательного движения в электрический ток

Список использованных источников:

1. Энергетические ресурсы мира / под ред. П. С. Непорожного, В. И. Попкова. – М. : Энергоатомиздат, 2002. – 232 с.
2. Пискунов, Н. С. Дифференциальное и интегральное исчисление. Т. 2 / Н. С. Пискунов. – М. : Наука, 1985. – 560 с.
3. Холостова, О. В. Об устойчивости периодических движений маятника с горизонтально вибрирующей точкой подвеса / О. В. Холостова // Изв. РАН. МГТТ. – 2003. – № 4. – С. 35–39.
4. NightmareZ [Электронный ресурс] : многопредмет. науч. кат. / nightmarez.net. – Электрон. кат. – Комплекс физических программ, 2009 – 2013 – Электрон. кат. – Режим доступа : <http://nightmarez.net/physics>. – Загл. с экрана.
5. Научно технический портал [Электронный ресурс] : многопредмет. науч. кат. / Ntpo.com – Электрон. кат. – Portal of science and technology, 2003 – 2013. – Электрон. кат. – Режим доступа : <http://www.ntpo.com/invention/invention2.shtml>. – Загл. с экрана.

Реквизиты для справок: 656038, Россия, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», энергетический факультет, кафедра «Электроснабжение промышленных предприятий», студент группы Э-91 А. Ю. Климачёв – e-mail: kvarck@gmail.ru, тел. +7-983-353-73-20; студент группы Э-91 М. Д. Шаритов – e-mail: mr.olim-33mik@mail.ru, тел. +7-929-394-07-07; к.п.н., доцент И. В. Белицын – e-mail: b_i_w@mail.ru, тел. +7(385-2)29-07-76.

УДК 621.311

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РЕЖИМА РАБОТЫ ТРАНСФОРМАТОРА ПО УСЛОВИЯМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МИНИМАЛЬНЫХ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Д. И. Комаричина, В. В. Попов
Украина, Запорожская обл., г. Запорожье,
Запорожский национальный технический университет

Для выбора номинальной мощности трансформаторов комплектной трансформаторной подстанции (КТП) в настоящее время применяется понятие оптимального коэффициента загрузки по условиям минимальных относительных потерь мощности, который согласно [1] определяется по формуле

$$K_{3Г\text{опт}} = \sqrt{\frac{\Delta P_X}{\Delta P_K}}, \quad (1)$$

где ΔP_X , ΔP_K – каталожные данные трансформатора (потери холостого хода и короткого замыкания соответственно).

При определении эксплуатационных издержек ($I_{ПОГ}$), связанных с потерями электроэнергии, используется формула

$$I_{ПОГ} = C_W \cdot \Delta W_T, \quad (2)$$

где C_W – цена 1 кВт·ч электроэнергии, грн.;

ΔW_T – потери электроэнергии в трансформаторе, кВт·ч.

Потери электроэнергии в трансформаторе определяются по формуле

$$\Delta W_T = \Delta P_X \cdot 8760 + K_{3Г} \cdot \Delta P_K \cdot \tau_M, \quad (3)$$

где τ_M – число часов максимальных потерь, $\frac{ч}{год}$;

$K_{3Г}$ – коэффициент загрузки трансформатора.

Для определения оптимального коэффициента загрузки трансформатора по условиям минимальных потерь электроэнергии введем понятие относительных потерь электроэнергии (ΔW_T^*), величина которых определяется по формуле $\left(\frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{кВА}} \right)$

$$\Delta W_T^* = \frac{\Delta W_T}{S_P}. \quad (4)$$

Значение ΔW_T^* можно представить в виде:

$$\Delta W_T^* = \frac{\Delta P_X \cdot 8760}{S_P} + \frac{S_P \cdot \Delta P_K \cdot \tau_M}{S_{НОМТ}^2} \quad (5)$$

Определяем величину минимальных относительных потерь электроэнергии в соответствии с формулой (4), учитывая, что минимальное значение относительных потерь электроэнергии $\Delta W_{Тmin}^*$, обеспечивается при условии оптимального значения расчетной максимальной нагрузки S_{Popt} :

$$\frac{d\Delta W_T}{dS_P} = -\frac{\Delta P_X \cdot 8760}{S_{Popt}^2} + \frac{\Delta P \cdot \tau_M}{S_{НОМТ}^2} = 0. \quad (6)$$

Откуда

$$K_{3Гopt}^* = \frac{S_{Popt}}{S_{НОМТ}} = \sqrt{\frac{\Delta P_X \cdot 8760}{\Delta P_K \cdot \tau_M}}. \quad (7)$$

Как видно, величина $K_{3Гopt}^*$ по условиям обеспечения минимальных потерь электроэнергии, определенная по формуле (7) значительно отличается от известного соотношения (1) в котором $K_{3Гopt}$ определяется по условию минимальных потерь мощности в трансформаторе.

Таким образом, оптимальный коэффициент загрузки по условиям обеспечения минимальных потерь электроэнергии является функцией от числа часов максимальных потерь T_M , которая определена для различной номинальной мощности трансформатора, поэтому значения $K_{3Г}$ и $K_{3Г}^*$ отличаются в значительной степени, кроме того при оп-

ределении величины $K_{3Г}^*$ учитывается реальный график нагрузки трансформатора, который соответствует задаваемой величиной T_M .

$$K_{3Гonm} = f(T_M, S_{НОМТ}) \quad (8)$$

По результатам работы установлено:

1. Принятый оптимальный коэффициент загрузки по условию минимальных потерь электроэнергии ($K_{3Гonm}^*$) обеспечивает снижение эксплуатационных издержек, обусловленных потерями электроэнергии.

2. Зависимость $K_{3Г}^* = f(T_M)$ в области значений T_M от 3500 ч/год до 6500 ч/год носит практически линейный характер.

3. Полученная величина оптимальной расчетной мощности (S_{Ponm}), которая соответствует величине $K_{3Гonm}^*$, позволяет определить оптимальную мощность низковольтных компенсирующих устройств (НКУ).

Список использованных источников:

1. Копылов, И. П. Электрические машины : учебник для вузов / И. П. Копылов. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 360 с. : ил.

Реквизиты для справок: 60963, Украина, Запорожская обл., г. Запорожье, ул. Жуковского, 64, Запорожский национальный технический университет, электротехнический факультет, кафедра «Электроснабжение промышленных предприятий», магистрант Д. И. Комаричина – e-mail: komarichina.diana@mail.ru, тел. +3(8099)20–980–77; к.т.н., доцент В. В. Попов – e-mail: komarichina.diana@mail.ru, тел. +3(8099)51–881–90.

ПРОБЛЕМАТИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИЙ В СХЕМУ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПРИ ЕЕ РАЗРАБОТКЕ И ВЫБОРЕ ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА

К. С. Костюк, С. С. Чернов

Россия, г. Новосибирск,

ЗАО «Е4-СибКОТЭС»

ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный
технический университет»

В настоящее время в сфере теплоснабжения России существует множество проблем, среди которых: высокая степень износа основных фондов, большие потери тепловой энергии при транспортировке, высокая аварийность на тепловых сетях, высокие затраты, неудовлетворительное финансовое положение и, как следствие, неэффективная работа предприятий. Такое состояние отрасли не может способствовать качественному удовлетворению растущих требований к качеству, надежности, эффективности работы систем теплоснабжения со стороны их внутренних и внешних участников.

В настоящее время все актуальней становится вопрос адекватного и корректного учета совокупности требований, интересов и возможностей прямых и косвенных участников системы теплоснабжения при разработке схем теплоснабжения городов на перспективу.

Федеральный закон № 190 «О теплоснабжении» от 27.07.2010 г. определяет следующие понятия [1]:

- теплоснабжение – обеспечение потребителей тепловой энергией, теплоносителем, в том числе поддержание мощности.
- система теплоснабжения – совокупность источников тепловой энергии и теплопотребляющих установок, технологически соединенных тепловыми сетями;
- схема теплоснабжения – документ, содержащий предпроектные материалы по обоснованию эффективного и безопасного функционирования системы теплоснабжения, ее развития с учетом правового регулирования в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Схема теплоснабжения направлена на развитие системы теплоснабжения и повышение ее эффективности. Как экономическая категория, «эффективность» в разных типах экономических систем выражает высокую степень развития хозяйствования с минимальными издержками и максимальной отдачей. Основной целью управления теп-

лоснабжением является эффективное функционирование отрасли, выражающееся в качественном и стабильном предоставлении соответствующих услуг по доступным для потребителей ценам. Применительно к теплоснабжению, эффективность выражается через качество предоставляемых услуг и ценовую доступность, сложившихся при данном типе организации системы [3].

Неотъемлемой частью обосновывающих материалов к схеме теплоснабжения, согласно Постановлению Правительства Российской Федерации (ПП РФ) № 154 от 22.02.2012 г. «О требованиях к схемам теплоснабжения, порядку их разработки и утверждения», является глава 10 «Обоснование инвестиций в строительство, реконструкцию и техническое перевооружение», которая включает в себя расчеты эффективности инвестиций и предполагает наличие результирующих показателей, отражающих совокупный экономический эффект от реализации всех мероприятий, предусмотренных схемой [2].

В системе теплоснабжения можно выделить следующих основных функциональных участников:

- организации, эксплуатирующие источники производства тепловой энергии (котельные, ТЭЦ) и (или) владеющие такими источниками на праве собственности или ином законном праве, и осуществляющие производство тепловой энергии;
- субъекты инфраструктуры системы теплоснабжения;
- организации, осуществляющие сбыт тепловой энергии потребителям (теплосбытовые, теплоснабжающие компании);
- потребители тепловой энергии (физические и юридические лица), непосредственно использующие ее для нужд отопления жилых, производственных и иных помещений.

Также участниками системы теплоснабжения являются субъекты инфраструктуры и различные надзорные, административные структуры.

В процессе оценки совокупного экономического эффекта от реализации мероприятий по разрабатываемой схеме теплоснабжения необходимо учитывать наличие всех вышеописанных участников системы теплоснабжения. Не менее важно учитывать несовпадение их интересов (уровень требуемой доходности) и возможностей (схема финансирования мероприятий по каждому участнику схемы).

Заказчику разработки схемы теплоснабжения (это может быть и административный орган муниципального образования, и теплоснабжающая организация, и теплосетевая организация) по итогам выполнения работ требуется получить агрегированный экономический эффект от реализации всех необходимых мероприятий и иметь представление о сроках окупаемости этих мероприятий. На основе таких показателей Заказчику разработки схемы теплоснабжения становится оче-

виден наиболее оптимальный вариант из рассматриваемых в схеме. Однако результативность мероприятий по каждому функциональному и инфраструктурному участнику схемы будет иметь и свою доходность (норма дисконта), и свою окупаемость.

На практике при разработке схем теплоснабжения каждый раз приходится сталкиваться с данной проблемой и искать пути ее решения в зависимости от масштаба муниципального образования и количества участников системы теплоснабжения.

В настоящий момент не существует законодательно закрепленных правил и методик определения совокупного экономического эффекта от реализации всех мероприятий по схеме теплоснабжения, учитывающих различные интересы и возможности всех функциональных и инфраструктурных участников этой схемы, а на их основе – выбора наиболее оптимального варианта схемы теплоснабжения. Существует Приказ Министерства энергетики и Министерства регионального развития РФ «Об утверждении методических рекомендаций по разработке схем теплоснабжения» (№ 565/667 от 29.12.2012 г.), в котором даются рекомендации по обоснованию необходимых финансовых потребностей для реализации мероприятий разрабатываемой схемы теплоснабжения и рекомендации по анализу влияния реализации мероприятий схемы на цену тепловой энергии конечного потребителя [4]. Рекомендаций по расчетам эффективности инвестиций и критериям выбора наиболее оптимального варианта в указанном приказе нет.

Для затратных проектов, не направленных, в первую очередь, на получение прибыли, и, как правило, представленных мероприятиями, необходимость выполнения которых обусловлена требованиями соответствующих нормативных и директивных документов, оптимальный вариант выбирают по критерию минимума совокупных приведенных затрат [5]. При таком подходе прямая необходимость оценки показателей экономической эффективности инвестиций в варианты схемы отпадает.

Описанный выше подход к выбору оптимального варианта схемы теплоснабжения, основанный на критерии минимума приведенных затрат, принципиально не согласуется с ПП РФ № 154 от 22.02.2012 г. «О требованиях к схемам теплоснабжения, порядку их разработки и утверждения», согласно которому выбор варианта схемы теплоснабжения проводится на основе обоснования инвестиций, которое должно включать в себя расчеты экономической эффективности инвестиций и предполагает наличие результирующих показателей, отражающих совокупный экономический эффект от реализации всех мероприятий, предусмотренных схемой.

Указанное несоответствие описанного подхода и существующих требований к разработке схем теплоснабжения, а также отсутствие оп-

ределенной методики оценки экономической эффективности инвестиций в варианты схемы теплоснабжения, учитывающей различные интересы и возможности участников схемы, свидетельствуют о недостаточной проработке ПП РФ № 154.

Все изученные существующие и предлагаемые на данный момент подходы к решению обозначенных проблем разных авторов имеют свои допущения, недостатки и требуют дальнейшей доработки.

Существующие реалии отражают необходимость разработки и законодательного утверждения Методического руководства по оценке экономической эффективности инвестиций в схему теплоснабжения и рекомендаций по выбору наиболее оптимального варианта из рассматриваемых в схеме. Соответственно – необходима поправка в существующие Методические рекомендации по разработке схем теплоснабжения и, возможно, поправка в ПП РФ № 154 от 22.02.2012 г. в рамках рекомендаций к главе 10.

Список использованных источников:

1. Федеральный закон № 190 от 27.07.2010 «О теплоснабжении».
2. Постановление Правительства Российской Федерации № 154 от 22.02.2012 «О требованиях к схемам теплоснабжения, порядку их разработки и утверждения».
3. Колыхаева, Ю. А. Комплексная оценка эффективности функционирования системы теплоснабжения / Ю. А. Колыхаева, К. Э. Филюшина // Проблемы современной экономики. – 2012. – № 1(41). – С. 322–325.
4. Приказ Минэнерго и Минрегионразвития РФ №565/667 от 29.12.2012 «Об утверждении методических рекомендаций по разработке схем теплоснабжения».
5. Рекомендации по оценке экономической эффективности инвестиционного проекта теплоснабжения : Р НП «АВОК» 5-2005 – ООО ИПП «АВОК-ПРЕСС», 2006.

Реквизиты для справок: 630073, Россия, г. Новосибирск, проспект К. Маркса, 20, ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет», факультет энергетики, кафедра «Системы управления и экономики энергетики», инженер К. С. Костюк – e-mail: ksjujasha@rambler.ru; к.э.н., доцент С. С. Чернов – e-mail: chss@ngs.ru, тел.: +7(383)346–13–59, +7(383)346–13–53.

**СОКРАЩЕНИЕ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ
В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ НА ОСНОВЕ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ УЧЁТА
И ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ЕЁ КАЧЕСТВА**

А. А. Лебедева, К. В. Кожевникова, А. А. Грибанов
Россия, Алтайский край, г. Барнаул,
ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

Передача электроэнергии от производителя к потребителю всегда влечёт за собой определенные потери, которые могут быть следствием транспортировки или хищения электроэнергии потребителями, а также пониженного качества электрической энергии.

Одним из немногих видов продукции, передача которой не требует никаких дополнительных ресурсов, является электроэнергия. Однако это такой вид продукции, который отпускается потребителю в одном количестве, а оплата производится по факту потребления. Электрические потери – это, в первую очередь, финансовые убытки, которые несёт сетевая компания. Проблема заключается в несовершенстве традиционной системы учёта электрической энергии.

Основное назначение данной работы – исследование факторов, влияющих на качество электроэнергии, а также выявление способов его улучшения. В данной работе рассмотрены виды приборов учёта электроэнергии, причины низкого качества электроэнергии и основные причины недостоверных показаний. А так же разработаны более эффективные способы борьбы с потерями электроэнергии.

Учёт электрической энергии производится с помощью электрического счётчика, который измеряет расход электроэнергии переменного и постоянного тока. Однако, как и любой прибор, счётчик имеет собственную погрешность. По типу конструкции электрические счётчики делятся на индукционные, электронные и гибридные [1].

Индукционные (механические) счётчики электроэнергии постоянно вытесняются с рынка электронными счётчиками из-за отдельных недостатков: отсутствия дистанционного автоматического снятия показаний, одностарифности, погрешности учёта, плохой защиты от краж электроэнергии, а также низкой функциональности, неудобства в установке и эксплуатации по сравнению с современными электронными приборами. Электронные счётчики хорошо подходят для квартир с

высоким энергопотреблением и для предприятий. Основными достоинствами электронных электросчётчиков является возможность учёта электроэнергии по дифференцированным тарифам (одно-, двух- и более тарифный), то есть возможность запоминать и показывать количество использованной электроэнергии в зависимости от запрограммированных периодов времени. Многотарифный учёт достигается за счёт набора счётных механизмов, каждый из которых работает в установленные интервалы времени, соответствующие различным тарифам. Электронные электросчётчики имеют больший межповерочный период (4–16 лет). Гибридные счётчики электроэнергии – редко используемый промежуточный вариант с цифровым интерфейсом, измерительной частью индукционного или электронного типа, механическим вычислительным устройством.

Основную часть потерь электрической энергии составляет хищение электроэнергии, называемое безучётным потреблением. По статистике наибольшие потери наблюдаются в пригородных районах, в них потери составляют около 50 %. Решением данной проблемы может послужить установка счётчиков трансформаторного включения 380 В – 10 А, предназначенных для индивидуальной работы с конечным трехфазным потребителем в электrorаспределительных сетях 0,4 кВ. Особенности такого счётчика заключаются в его функциях: автоматическом учёте потребляемой активной и реактивной электроэнергии, дистанционном управлении потреблением или питанием отдельной нагрузки с помощью встроенных отключающих реле. Счётчики накапливают, хранят и передают информацию по аварийным состояниям, действиям потребителя, ведущим к нарушению договора с поставщиком, собственным аварийным состояниям. Данный вид учёта электроэнергии значительно снижает потери, так как сетевая организация может следить за потреблением электричества без участия потребителя. Однако этот способ помогает снижать потери лишь по той причине, что потребители стали бояться совершать нарушение, так как в любой момент их могут проконтролировать. Но, как показывает практика, контроль не осуществляется должным образом, и часть потребителей всё равно продолжает заниматься хищением.

Немаловажным является и качество электроэнергии, от которого зависит работа ранее рассмотренных счётчиков [2]. Качество электрической энергии – степень соответствия характеристик электрической энергии в данной точке электрической системы совокупности нормированных показателей. Продолжительные изменения характеристик напряжения электропитания представляют собой длительные отклонения характеристик напряжения от номинальных значений и обуслов-

лены, в основном, изменениями нагрузки или влиянием нелинейных нагрузок.

Токи высших гармоник, проходя по элементам сети, создают падения напряжения в сопротивлениях этих элементов и, накладываясь на основную синусоиду напряжения, приводят к искажениям формы кривой напряжения в узлах электрической сети. В связи с этим электроприёмники с нелинейной вольт-амперной характеристикой часто называют источниками высших гармоник.

Высшие гармоники тока и напряжения вызывают дополнительные потери активной мощности во всех элементах системы электропитания: в линиях электропередачи, трансформаторах, электрических машинах, статических конденсаторах, так как сопротивления этих элементов зависят от частоты.

Таким образом, дальнейшее совершенствование технологий учёта электроэнергии напрямую связано с повышением точности приборов учёта за счёт расширения алгоритмов их функционирования на основе использования информации о текущих параметрах качества электроэнергии.

Список использованных источников:

1. Счётчик электрической энергии [Электронный ресурс]. – Электрон. данные. – Режим доступа : http://ru.wikipedia.org/wiki/Счётчик_электрической_энергии. – Загл. с экрана.
2. ГОСТ Р 54130-2010 Качество электрической энергии. Термины и определения. – М. : Стандартинформ, 2012. – 32 с.

Реквизиты для справок: 656038, Россия, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», энергетический факультет, кафедра «Электроснабжение промышленных предприятий», студент группы Э-91 А. А. Лебедева; студент группы Э-91 К. В. Кожжевникова, к.т.н., доцент А. А. Грибанов – e-mail: di-read@mail.ru, тел. +7(385-2)29-07-76.

АЭРОДИНАМИЧЕСКИЙ ГАСИТЕЛЬ КОЛЕБАНИЙ ПРОВОДОВ

Л. В. Ляховецкая

Казахстан, г. Костанай,

Костанайский инженерно-экономический университет им. М. Дулатова

Практикой эксплуатации ВЛ электропередачи и исследованиями установлено, что одной из основных причин обрыва проводов является их вибрация, возникающая под воздействием знакопеременной ветровой нагрузки [1]. Особое значение внедрение мероприятий по предотвращению отказов ВЛ, вызванных обрывом проводов, имеет в III, IV и V районах повышенного скоростного напора ветра [2].

Для предотвращения опасных последствий вибрации применяются гасители вибрации, поглощающие энергию вибрирующих проводов. В [3] приведено описание конструкций для гашения колебаний проводов и проанализированы их недостатки.

Наиболее эффективными гасителями колебаний проводов могут оказаться такие конструкции, с помощью которых под воздействием на них воздушного потока возникает импульс реактивной силы, направленной противоположно ветровой нагрузке на провод.

На рисунке 1 представлена схема аэродинамического гасителя колебаний проводов предложенной конструкции [4].

Аэродинамический гаситель колебаний проводов состоит из корпуса 1, в состав которого входят две полуклеммы 2 и 3, облегающие провод 4. Клеммы соединяются с помощью болтов 5 с гайками 6. На верхней полуклемме 2 расположены симметрично друг другу сопла 9 с насадками 10 в виде полого усечённого конуса. На нижней полуклемме 3 аналогично расположены сопла с насадками симметрично соплам, находящимся на верхней полуклемме и друг другу, но повернутых насадками в сторону, противоположную насадкам сопел верхней полуклеммы. Узкая часть усечённого конуса сопла 9 на длине, равной диаметру меньшего основания, совместно с расширяющейся концевой частью насадки 10 образует конфигурацию комбинированного сопла Ловаля [5]. При воздействии ветровой нагрузки на провод 4 воздух, попадая в широкую часть сопла 9 с определённой скоростью, выходит через узкую часть сопла с увеличенной скоростью в отношении обратно пропорциональном площадям большого и меньшего отверстия соответственно.

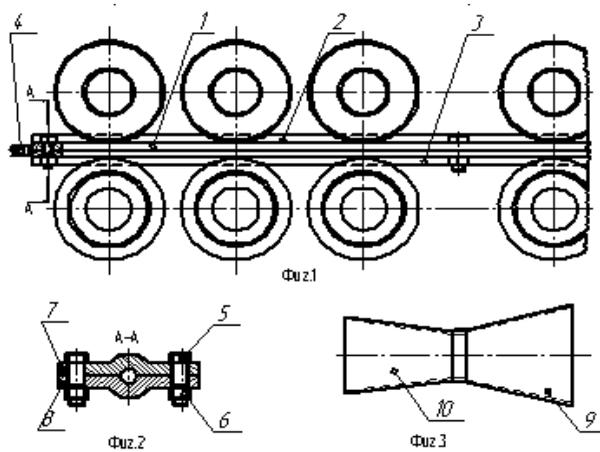


Рисунок 1 – Аэродинамический гаситель колебаний проводов линий электропередачи

На основе закона об изменении количества движения [6] создаётся импульс реактивной силы, направленной противоположно ветровой нагрузке. Так как равнодействующая этих сил равна их разности, силовое воздействие ветра на провод значительно уменьшается в связи с тем, что снижается величина возмущающей силы колебательного процесса проводов, уменьшаются его амплитуда, частота и период колебаний, способствуя их затуханию.

Использование предлагаемого аэродинамического гасителя колебаний проводов позволит повысить работоспособность ВЛ–35кВ сельских распределительных сетей, расположенных в зонах повышенной ветровой нагрузки.

Рассчитаем величину нормативной ветровой нагрузки на провод, действующей перпендикулярно проводу по методике [2].

$$P_W^H = \sigma_W \cdot k_l \cdot k_W \cdot C_x \cdot W \cdot F \cdot \sin^2 \varphi, \quad (1)$$

где σ_W – коэффициент, учитывающий неравномерность ветрового давления на провод; k_l – коэффициент, учитывающий влияние длины пролёта на ветровую нагрузку; k_W – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте; C_x – коэффициент лобового сопротивления; W – нормативное ветровое давление, Па; F – площадь продольного диаметрального сечения провода, м²; φ – угол между направлением ветра и осью ВЛ.

Расчётами установлена нормативная ветровая нагрузка $P_W^H = 2820,4 \text{ Н}$.

Реактивная сила, направленная противоположно направлению ветровой нагрузки на основании теоремы об изменении количества движения [6] рассчитывается по формуле

$$R = \frac{m(v_t - v_0)}{t}, \quad (2)$$

где m – масса гасителя, кг; v_0 – скорость потока воздуха на входе в гаситель, м/с [2]; v_t – скорость потока воздуха на выходе с входного сопла, м/с; t – время прохождения потока воздуха через гаситель, с.

Расчётами установлено значение реактивной силы $R = 550 \text{ Н}$. При наличии двух параллельно расположенных сопел с учётом того, что равнодействующая двух параллельных сил равна их сумме $R = 1100 \text{ Н}$; при наличии трёх параллельно расположенных сопел $R = 1650 \text{ Н}$, четырёх сопел $R = 2200 \text{ Н}$.

Выводы:

1. С увеличением числа сопел аэродинамического гасителя увеличивается реактивная сила противодействия ветровой нагрузки, действующей на провод.

2. Уменьшение ветровой нагрузки на провод пропорционально числу сопел гасителя. В частности, в рассматриваемом случае наличие одного сопла снизит нормативную ветровую нагрузку на провод на 19,5 %, двух сопел – на 39 %, трёх сопел – на 58,5 %, четырёх сопел – на 78 %.

3. Применение аэродинамического гасителя колебаний проводов, предложенной конструкции позволит уменьшить число отказов ВЛ–35кВ, вызванных обрывом и повреждением проводов и тем самым обеспечить работоспособность ВЛ–35кВ сельских распределительных сетей, расположенных в IV и V зонах по величине скоростного напора и скорости ветра.

Список использованных источников:

1. Кабашов, В. Ю. Повышение надёжности сельских воздушных линий 6-10 кВ в условиях воздействия ветровых нагрузок : монография / В. Ю. Кабашов. – Уфа : Здравоохранение Башкортостана, 2009. – 140 с.

2. Правила устройства электроустановок РФ. – Министерство России, 08.07.2003. – № 204. – 330 с.

3. Буторин, В. А. Устройства для гашения колебаний проводов линий электропередачи / В. А. Буторин, Л. В. Ляховецкая // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. – 2010. – Т. 57. – С. 19–24.

4. Патент на изобретение № 2440650 Аэродинамический гаситель колебаний проводов линий электропередачи. РФ Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений РФ 20 января 2012 г.

5. Нащёкин, В. В. Теоретическая термодинамика и теплопередача : учеб. пособие для вузов / В. В. Нащёкин. – 3-е изд., испр. и доп. – М. : Высш. школа, 1980. – 469 с.

6. Гернет, М. М. Курс теоретической механики : учебник для вузов / М. М. Гернет. – 3-е изд. перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 1973. – 464 с.

Реквизиты для справок: 110007. Казахстан, г. Костанай, ул. Чернышевского 59, Костанайский инженерно-экономический университет им. М. Дулатова, инженерно-технологический факультет, кафедры «Энергетика и машиностроение», аспирант Л. В. Ляховецкая – e-mail: snitko_65@mail.ru, тел. +7-777-301-60-00

УДК 621.31

АНАЛИЗ ПОТРЕБЛЕНИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В УКРАИНЕ И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

В. А. Маляренко, И. Е. Щербак

Украина, г. Харьков,

Харьковский национальный университет городского хозяйства
им. А. Н. Бекетова

За год Украина потребляет примерно 210 млн. т. у. т. и занимает 15 место среди стран – крупнейших потребителей топливно-энергетических ресурсов. Собственная добыча нефти ежегодно составляет 3,3–4,5 млн. т., – т. е. всего 12–15 % от необходимого количества. Добыча угля в 2012 г. достигла 85,9 млн. т [1]. По данным международного энергетического агентства за 2009 год Украина занимает по резервам угля 7 место (34,2 млрд. т.) в «большой десятке» стран мира. По объемам использования первичных энергоносителей уголь занимает третье место после природного газа и нефти и используется в базовых секторах экономики.

Украина относится к странам с дефицитом собственных природных углеводородных ресурсов, в первую очередь, газа, хотя объемы потребления преимущественно импортированного природного газа в 1,7 раза больше объемов потребления угля. В целом, зависимость от импорта топлива в последние годы составляла 60 %. Этот факт ухудшает экономическую ситуацию и требует решения многих экономических, технических и политических вопросов.

Базовой отраслью народнохозяйственного комплекса является электроэнергетика. По данным НЭК «Укрэнерго», на 1 января 2013 г. установленная мощность всех электростанций страны составляла 53 777,6 МВт. Структура производства электроэнергии характеризуется преобладанием базовых мощностей ТЭС и АЭС при незначительной доле ГЭС и ГАЭС, порядка 5,6 % [2].

В последнее время наблюдается устойчивый рост отпуска электрической энергии населению. В то же время, начиная с 2007 г., резко упали темпы потребления электроэнергии металлургической промышленностью. Увеличение спроса на электроэнергию населением происходит за счет роста оснащенности квартир бытовыми электроприборами.

В период конец осени – начало весны потребление электроэнергии значительно превышает потребление других месяцев, что связано с использованием населения электрообогревателей. Существенное количество жилых помещений подключено к централизованному теплоснабжению, которое работает недостаточно эффективно. Свою долю в повышение объемов электропотребления вносят светильники, нагрузка которых резко возрастает в зимний период, особенно в утренние и вечерние часы, внося тем самым неравномерность в суточное потребление. Как следствие, потребление электроэнергии в течение года и суток отличается крайней неравномерностью.

Разница между максимальной и минимальной нагрузкой в 2012 году за сутки составляла примерно 6500 МВт. В часы минимума для заполнения провала графика нагрузки происходит закачка ГАЭС. В часы максимального потребления электроэнергии ГЭС и ГАЭС покрывают 40–50 % разницы между максимальной и минимальной нагрузкой. Остальную часть приходится покрывать ТЭС, что приводит к необходимости остановки ночью на 4–6 часов порядка 10 блоков ТЭС [2]. При таком регулировании большую часть времени блоки ТЭС работают в режиме недогрузки, что приводит к уменьшению коэффициента полезного действия, увеличению эксплуатационных расходов и перерасходу топлива.

Одним из весьма перспективных путей экономии топливно-энергетических ресурсов при выработке электроэнергии является привлечение к выравниванию графика нагрузки энергосистемы потребите-

лей-регуляторов. Потребители-регуляторы снижают или вовсе отключают свою нагрузку в часы пика и переносят их во внепиковые зоны нагрузок энергосистемы. За счет привлечения в электроэнергетическую систему Украины таких потребителей можно частично отказаться от использования генерирующих мощностей ТЭС в маневренном режиме.

Учитывая значительное потребление электроэнергии населением, акцент по регулированию пиковых нагрузок энергосистемы необходимо связывать именно с ним. Это можно сделать за счет таких потребителей-регуляторов, как системы нагрева воды электроэнергией. Следует постепенно отказываться от использования в системах ЖКХ дорогого импортного газа, переводить их на уголь и электроэнергию, активно внедрять использование дешевого ночного тарифа на электроэнергию. Внедрение потребителей-регуляторов как высокоэффективных теплогенерирующих мощностей способствует экономному и эффективному использованию первичных источников энергии.

Выравнивание суточных графиков нагрузки позволит обеспечить работу энергоблоков в условиях равномерной наиболее эффективной мощности, снизить расход топлива на выработку электроэнергии, экономить средства на поддержание в рабочем состоянии дополнительных резервных мощностей, уменьшить необходимость построения новых дорогих энергоблоков с высокими маневренными возможностями.

Список использованных источников:

1. Міністерство енергетики та вугільної промисловості України Статистична інформація за січень – грудень 2012 року [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://mpe.kmu.gov.ua/fuel/control/uk/publish/article?art_id=231058&cat_id=35081 . – Загл. с экрана.

2. НЕК «Укрэнерго» Режимы работы ОЭС Украины [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.ukrenergo.energy.gov.ua>. – Загл. с экрана.

Реквизиты для справок: 61024, Украина, г. Харьков, ул. Революции, 12, «Харьковский национальный университет городского хозяйства им. А. Н. Бекетова», кафедра «Электроснабжение городов», Лауреат Государственной премии в области науки и техники, заслуженный деятель науки и техники Украины, заведующий кафедрой «Электроснабжение городов», доктор технических наук, профессор В. А. Маляренко – e-mail: malarenko@ksame.kharkov.ua, тел. +3(8095)54-14-992; аспирант И. Е. Щербак – e-mail: k.irishka@meta.ua, тел. +3(8093)93-171-07.

КОГЕНЕРАЦИЯ – РЕАЛЬНЫЙ ПУТЬ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

В. А. Маляренко, А. Л. Шубенко, А. В. Сенецкий, И. А. Темнохун
Украина, г. Харьков

Харьковский национальный университет городского хозяйства
им. А. Н. Бекетова

Институт проблем машиностроения им. А. Н. Подгорного
НАН Украины

В настоящее время перед большинством стран, в частности, перед Украиной, стоит задача экономии топливно-энергетических ресурсов. Причины этого общеизвестны: уменьшение запасов органического топлива и, соответственно, резкое увеличение его стоимости, что приводит к нарушению и перебоям энергоснабжения отдельных регионов и целых стран. Одним из наиболее перспективных направлений решения сложившейся проблемы является развитие малой энергетики, широкое применение когенерации, которая открывает новые возможности для развития энергетики и экономики.

Реконструкция действующих котельных, перевод их в режим мини-ТЭЦ (электрической мощностью до 50 МВт) позволяет вырабатывать одновременно электрическую и тепловую энергию в непосредственной близости от конечного потребителя как на собственные нужды, так и для реализации в энергосистему.

Преимущества когенерации. Мини-ТЭЦ может использоваться в качестве основного или резервного источника электроэнергии для предприятий коммунального хозяйства и очистных сооружений, промышленности и сельского хозяйства, административных и медицинских учреждений, жилых комплексов в автономном режиме и совместно с централизованными системами тепло- и электроснабжения.

Выгоды от использования систем когенерации условно можно разделить на четыре взаимосвязанные группы: экономика, надежность, утилизация тепла, экология.

Так, при эксплуатации традиционных (паровых) электростанций, в связи с технологическими особенностями процесса генерации энергии, большое количество выработанного тепла сбрасывается в атмосферу через конденсаторы пара, градирни и т. п. Большая часть этого тепла может быть утилизирована и использована для удовлетворения тепловых потребностей, это повышает эффективность электростанции с 30–50 %, до 80–90 % в системах когенерации.

Реализация турбин на низкокипящих рабочих телах (НРТ). Применяя традиционные рабочие тела, нельзя забывать о нетрадиционных установках, которые дополняют существующие и позволяют генерировать дополнительную энергию с минимальными конструктивными изменениями и капитальными затратами. К таким установкам относятся энергоутилизационные с замкнутым рабочим циклом на низкокипящих рабочих телах, позволяющие эффективно утилизировать средне- и низкопотенциальные потоки теплоты. Реализовывать такую схему можно, используя сбросную теплоту технологических процессов предприятий, выхлопного пара паротурбинных установок и т. д. Особенностью данного подхода является работа турбины на низкокипящем рабочем теле, что позволяет максимально эффективно использовать сбросную, казалось бы, малоэффективную теплоту.

Когенерация в промышленности с применением турбин на НРТ. На территории Украины имеются металлургическая, химическая, цементная, строительных материалов и другие отрасли промышленности. Большинство из них включают в себя низко-, средне- и высокотемпературные технологические процессы, тепловая энергия после которых сбрасывается в атмосферу и безвозвратно теряется. Утилизация сбросной теплоты с целью выработки электроэнергии на основе установки турбин малой мощности как на водяном паре, так и на НРТ, позволяет вырабатывать электроэнергию на собственные нужды предприятия, снизить энергозатраты и себестоимость основной продукции предприятия.

Потенциал использования систем когенерации в Украине. Если рассмотреть энергетическую стратегию Украины и, связанную с этим структуру производства тепла до 2030 года, то при использовании 50 % тепловой мощности установленных котлов, с производительностью 15–20 тонн пара в час, до 2030 года только в коммунальных котельных может быть установлено до 1200 паротурбинных установок мощностью 1 МВт. Внедрение малых турбин как автономного энерго-сберегающего источника электроэнергии позволит иметь компенсационную установленную мощность на уровне 2200 МВт, что составит от общей установленной мощности ≈ 5 %.

Согласно базового сценария энергетической стратегии Украины на период до 2030 года, из общей потребности производства электроэнергии, на уровне 380 млрд. кВт·ч, с учетом сезонного графика выработки тепла, на турбинах малой мощности может быть произведено около 13 млрд. кВт·ч электроэнергии в год. Выработка такого количества электроэнергии позволит экономить в год более 1,2 млн. т. у.т.

Реквизиты для справок: 61002, Украина, г. Харьков, ул. Революции, 12, Харьковский национальный университет городского хозяйства имени им. А. Н. Бекетова, факультет электроснабжения и освещения городов, кафедра электроснабжения городов, профессор, доктор технических наук, заслуженный деятель науки и техники Украины, лауреат Государственной премии Украины в области науки и техники В. А. Маляренко – e-mail: malyarenko@ksame.kharkov.ua, тел. +3(8095)54-14-992.

УДК 621.31

ХИЩЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ: ПРИЧИНЫ И СПОСОБЫ БОРЬБЫ

В. В. Минченко, И. В. Пастухов, С. О. Хомутов

Россия, Алтайский край, г. Барнаул,

ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

Приоритетным направлением в современной электроэнергетике является энергосберегающая политика. В основе этой политики, в том числе, лежит уменьшение потерь в электрических сетях и более эффективное использование энергоресурсов. На данный момент порядка 1/3 производимой электроэнергии в стране безвозвратно теряется. Одним из видов подобных «потерь» является хищение электроэнергии. Масштабы этого явления на сегодняшний день приобретают катастрофический характер [1].

Проблема в области хищения электроэнергии состоит в том, что электроэнергии присущи следующие специфические особенности: ее производство, передача, распределение и потребление происходят одновременно. Электроэнергию нельзя складировать и хранить. Энергосберегающие компании передают энергию в счет будущих финансовых расчетов потребителей, но ее можно не только купить, но и присвоить и растратить.

Хищение электроэнергии связано с рядом факторов. Одной из наиболее значимых причин являются очень высокие тарифы за кВт·ч, несмотря на то, что себестоимость кВт·ч отпускаемого с электростанции имеет не столь высокую стоимость, но доходя до потребителя, тарифы возрастают многократно. Стоимость электроэнергии в России уже достигла уровня США и движется по пути к Европе, невзирая на

то, что европейские страны по большей части вынуждены экспортировать как электроэнергию, так и сырье для ее производства. Вдобавок к этому, прогрессивные страны пытаются развивать престижное направление – возобновляемую энергетику. Еще одной причиной высоких тарифов являются ветхие электросети, которые становятся причиной колоссальных потерь при передаче электроэнергии, повышающих конечную стоимость энергии. В такой ситуации потребитель электрической энергии вынужден скрывать излишек подключаемой (потребляемой) мощности, хотя был бы рад при иных, более приемлемых для него условиях, ее оплачивать [1, 2].

Износ оборудования в сетях Холдинга МРСК составляет сегодня 69 %, из которых 52 % уже отработало свой нормативный срок, а 7,4 % отслужило два и более срока службы. Ветхое и устаревшее оборудование не только влияет на потери электроэнергии, но и облегчает возможность ее хищения [3].

В виду большой протяженности разветвленных магистральных и распределительных электросетей сложной конфигурации создаются благоприятные предпосылки для хищения электроэнергии.

Сетевые компании проводят организационные и технические мероприятия по снижению потерь, связанных с безучетным и бездоговорным потреблением [2].

К организационным мероприятиям по обнаружению, предотвращению, устранению и недопущению впредь фактов хищения электроэнергии можно отнести следующие:

- административно-уголовная ответственность;
- согласованный расчетный учет электроэнергии между энергоснабжающей организацией и энергоемкими потребителями;
- переход энергосбытовых организаций на контроль работы расчетных приборов учета с выпиской счетов потребителям бытового и мелкомоторного секторов;
- организация рейдов по обнаружению фактов хищения электроэнергии;
- создание телефонов доверия;
- проведение ревизий и маркирование средств учета специальными знаками;
- перенос расчетных приборов учета за границы балансовой принадлежности потребителей электроэнергии частных владений;
- применение АСКУЭ в качестве расчетной системы.

К техническим мероприятиям можно отнести следующие:

- совершенствование конструкции индукционных счетчиков;

- внедрение статических (электронных) счетчиков и их экранирование от влияния электромагнитных полей;

- применение приборов-индикаторов.

Для решения части проблем, связанных с хищением электроэнергии, целесообразно проведение ряда следующих мероприятий:

- отказ от существующей системы самообслуживания и переход на контроль работы расчетных приборов с выпиской счетов потребителям бытового сектора;

- создание специализированных постоянно действующих оперативных бригад, оснащенных современной техникой;

- реорганизация сетевых компаний с целью уменьшения числа мелких энергосбытовых компаний, и, как следствие, уменьшение искусственно «раздутых» тарифов на электроэнергию;

- практическое применение автоматизированных систем контроля и учета энергоресурсов с дальнейшей возможностью полного исключения «самообслуживания» и автоматизации энергоучета;

- применение самонесущих изолированных проводов (СИП).

Хищение электроэнергии сегодня является одной из основных проблем в российской энергетике, обуславливающих значительную долю всех коммерческих потерь в электрических сетях. Для сравнения, в европейских странах эта цифра не превышает 3 %, в США составляет 1–2 %, в то время как во многих регионах России хищения достигают 30 % от общего объема потребляемой электроэнергии.

С учетом вышеизложенных проблем, ясно, что только совокупное применение всех рассмотренных организационно-технических мероприятий, значительных капиталовложений и времени будет способствовать снижению хищений электроэнергии, и, как следствие, уменьшению коммерческих потерь в электрических сетях.

Список использованных источников:

1. Красник, В. В. 102 способа хищения электроэнергии / В. В. Красник. – М. : ЭНАС, 2011. – 160 с.

2. Воротницкий, В. Э. Структура коммерческих потерь электроэнергии и мероприятия по их снижению [Электронный ресурс] / В. Э. Воротницкий, М. А. Калинкина. – Электрон. дан. – 2012. – Режим доступа : www.rtp3.ru/files/7.doc, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.

3. Энергетика : общероссийская газета / учредитель ООО "ИД "Медиацентр-АРТ". – 2009. – Октябрь. – № 19(31). – Режим доступа : [http://energogazeta.ru/files/Energetika-19\(31\).pdf](http://energogazeta.ru/files/Energetika-19(31).pdf) – свободный. – Загл. с экрана.

Реквизиты для справок: 656038, Россия, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», энергетический факультет, кафедра «Электроснабжение промышленных предприятий», студент группы Э-94 В. В. Минченко – e-mail: *distinct falcon@mail.ru*, тел. +7-902-997-58-45; студент группы Э-94 И. В. Пастухов – e-mail: *d_ilko@mail.ru*, тел. +7-906-943-42-11; д.т.н., профессор С. О. Хомутов – e-mail: *soh@mail.ru*, тел. +7(3852)29-07-61.

УДК 621.31

О ПРАВИЛЬНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ КРИВОЙ НАМАГНИЧИВАНИЯ ПРИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ

А. Х. Мусин, А. А. Зарубин

Россия, Алтайский край, г. Барнаул,

ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

При моделировании процессов в электрических системах в программной среде Matlab имеется ряд задач, требующих учета нелинейности кривой намагничивания электротехнической стали. Примером такой задачи является моделирование феррорезонанса напряжений в электрических сетях, работающих с изолированной нейтралью. При выполнении такого моделирования авторы столкнулись с трудностью учета нелинейности кривой намагничивания, содержащейся в том, что программная среда Matlab предполагает задание кривой намагничивания в виде зависимости магнитного потока от тока $\Phi(I)$ [1], а в отечественной справочной литературе данная кривая задается в других координатах, а именно, в виде зависимости индукции магнитного поля от значения напряженности магнитного поля $B(H)$ [2].

Кривая намагничивания в координатах $\Phi(I)$, может быть получена путем пересчета зависимости $B(H)$ при помощи известных формул [3], приведенных ниже.

$$\Phi = B \cdot S_c, \quad (1)$$

где B – магнитная индукция, Тл;

S_c – сечение магнитопровода, м².

$$I = \frac{H \cdot l_{cp}}{w}, \quad (2)$$

где H – напряженность магнитного поля, А·вит/м;

l_{cp} – средняя длина силовой линии, м;

w – число обмоток в трансформаторе, шт.

Последующее сравнение данных, полученных путем моделирования в программной среде MatLab и на физической модели, показала их существенное несовпадение. Для выяснения причин несовпадения опишем осуществленную нами процедуру снятия кривой намагничивания на физической модели.

Исследовался серийно выпускаемый трансформатор ОСМ1–0,063 с параметрами: номинальная мощность 63 ВА, число витков первичной обмотки $w_1 = 1900$, число витков вторичной обмотки, $w_2 = 240$, площадь поперечного сечения сердечника 6 см^2 , первичное напряжение 380 В, вторичное напряжение 42 В, длина средней магнитной силовой линии 0,164 м. Схема проведения опыта приведена на рисунке 1.

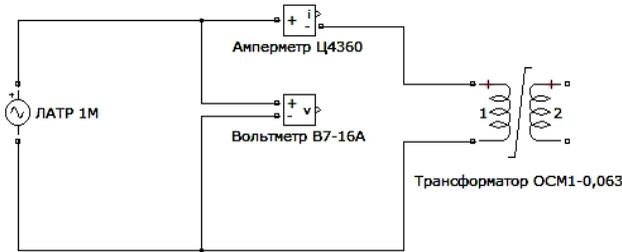


Рисунок 1 – Схема опыта по снятию кривой намагничивания

В ходе опыта задавались и измерялись различные значения напряжения и получаемые значения тока в первичной обмотке трансформатора (приведены в таблице 1).

Таблица 1 – Значения напряжения и тока в первичной обмотке трансформатора

U, В	3,9	4,2	4,8	6	7	10,5	12	13	14	15
I, mA	77,5	85	100	125	149	212	234	250	266	274
U, В	20,5	22	23	24,5	32	44	84	92	145	160
I, mA	332	344	350	358	398	420	452	456	472	478
U, В	195	250	340	410	455	467	490	787	1500	
I, mA	484	500	516	536	540	548	554	600	700	

Диапазон изменения напряжения, подаваемого на первичную обмотку трансформатора, от 0 до 1500 В.

Соответствующая индукция B определяется по формулам [4]:

$$B_c = \frac{U}{4,44 \cdot f \cdot w \cdot S_c \cdot K_c \cdot 10^{-4}}, \quad (3)$$

где B_c – максимальное значение индукции, Тл;

f – частота (50 Гц);

w – число витков первичной обмотки, 1900 шт.;

S_c – сечение магнитопровода, 6 см²;

K_c – коэффициент заполнения сердечника сталью (принят равным 1).

Действующее значение магнитной индукции определяется по формуле:

$$B = \frac{B_c}{\sqrt{2}}. \quad (4)$$

Потокосцепление определяется по формуле [3]:

$$\Psi = w \cdot B \cdot S_c, \quad (5)$$

где w – число витков в трансформаторе, шт.;

B – магнитная индукция, Тл;

S_c – сечение магнитопровода, м².

По формуле (2) напряженность магнитного поля определяется как

$$H = \frac{I \cdot w}{l_{cp}}. \quad (6)$$

На этом описание опыта заканчивается.

Далее в результате анализа рекомендаций [1] по способу задания кривой намагничивания в среде Matlab мы пришли к выводу, что эту кривую следует задавать в виде зависимости потокосцепления от тока намагничивания (а не магнитного потока от тока, как указано в [1]).

На рисунке 2 представлена зависимость амплитуды напряжения от амплитуды тока по результатам моделирования в программной среде MatLab (кривая 2) и опытов на физической модели (кривая 1). Как видно из графиков, кривые 1 и 2 практически полностью совпадают, что подтверждает вывод о правильности задания кривой намагничивания в виде зависимости потокосцепления от тока намагничивания.

При моделировании кривой намагничивания электротехнической стали в программной среде MatLab следует задавать ее в виде зависимости потокосцепления от тока, а не в виде зависимости магнитного потока от тока.

Характеристики намагничивания в координатах $U(I)$

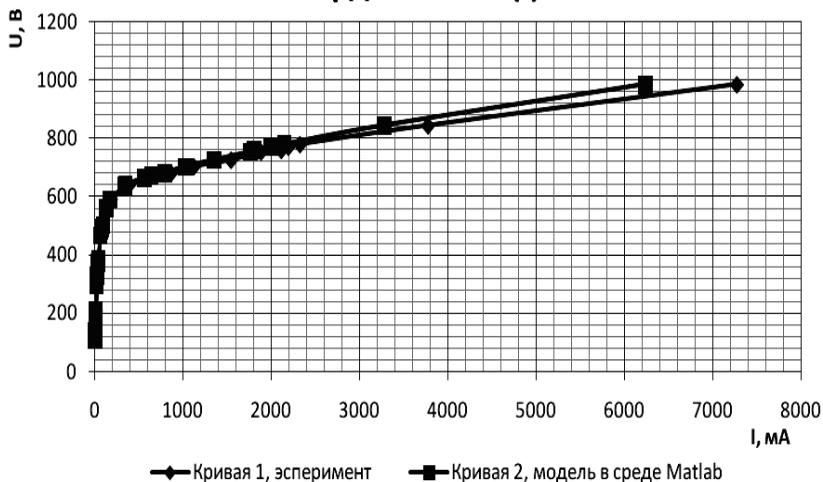


Рисунок 2 – Зависимость амплитуды напряжения от амплитуды тока

Список использованных источников:

1. Черных, И. В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink / И. В. Черных. – М. : ДМК Пресс; СПб. : Питер, 2008. – 288 с. : ил.
2. Малогабаритные трансформаторы и дроссели : справочник / И. Н. Сидоров, В. В. Мукошеев, А. А. Христинин. – М. : Радио и связь, 1985. – 416 с.
3. Касаткин, А. С. Электротехника / А. С. Касаткин, М. В. Немцов – М. : Академия, 2008. – 538 с.
4. Тихомиров, П. М. Расчет трансформаторов : учеб. пособие для вузов / П. М. Тихомиров. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М. : Энергия, 1976. – 544 с. : ил.

Реквизиты для справок: 656038, Россия, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», энергетический факультет, кафедра «Электрификация производства и быта», д.т.н., профессор А. Х. Мусин – e-mail: agzam45@mail.ru, тел. 8(3852)52–28–39; аспирант А. А. Зарубин – e-mail: azarubin90@gmail.com, тел.8(923)650–10–58.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МОЩНОСТИ В ОБЪЕМЕ РАБОЧЕГО ПРОСТРАНСТВА РУДОВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОПЕЧИ

В. И. Нежурин, А. В. Николенко, В. Ю. Куваев, М. Ю. Каряка,
Х. Б. Нсиете Диафука
Украина, г. Днепропетровск
Национальная металлургическая академия Украины

Опыт эксплуатации рудовосстановительных электропечей (РВП) показывает, что поддержание оптимального шихтового, электродного и электрического режимов данного технологического процесса является основой достижения максимальной эффективности выплавки сплава.

Решение этой задачи обеспечивается выбором оптимальных геометрических параметров ванны печи и поддержанием рационального электрического режима плавки, что создает требуемое с точки зрения термодинамики распределение вводимой энергии в ванне печи.

Данные о распределении активной мощности, плотности тока, потенциалов и температур в объеме ванн получены в результате инструментальных исследований действующих РВП [1, 2], что дало возможность сформировать картину строения рабочего пространства ванны печи при выплавке разных сплавов и решить ряд задач по оптимизации их выплавки. Результаты исследований позволили разработать схему замещения электрической цепи РВП, что обеспечило возможность эффективного управления электрическим режимом работы печи с использованием АСУ ТП [2].

При анализе результатов исследований разработан ряд математических моделей распределения энергии в ваннах, позволяющих прогнозировать его в объемах ванн осваиваемых и проектируемых электропечей [3].

Авторами решалась задача разработки математической модели распределения плотности тока в самообжигающемся электроде и удельной активной мощности в объеме ванны РВП по методу вторичных источников с привлечением экспериментальных данных действующих печей [4]. Решающее преимущество метода вторичных источников состоит в возможности построения эффективных численных алгоритмов расчета полей, ориентированных на применение вычислительной техники и пригодных для неоднородных сред и сложных форм границ раздела сред [5].

Поскольку структура реакционной зоны рабочего пространства круглой трехэлектродной РВП симметрична оси каждого электрода, исходя из условий осевой симметрии, рассматривалось меридиальное сечение электрода и реакционной зоны с подводом тока через сверхпроводящий контакт электрода, находящегося в неоднородной среде, и отводом через сверхпроводящую ванну сплава (силикомарганец СМн17). С учетом принятых допущений и условий расчета модель представлена на рисунке 1.

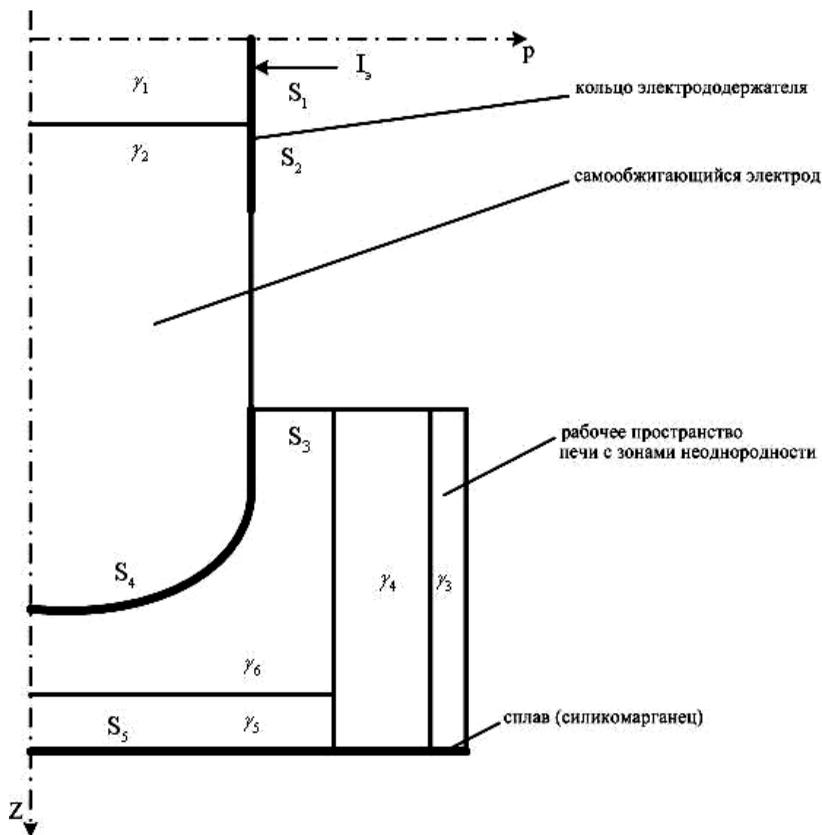


Рисунок 1 – Расчетная математическая модель распределения мощности в ванне РВП

Алгоритм расчета поля плотности тока и удельной активной мощности следующий:

1. Рассчитывается распределение вторичных источников на поверхности раздела сред с разной проводимостью $\gamma_1 - \gamma_6$.
2. По распределению вторичных источников рассчитывается напряженность поля в выбранных точках.
3. Рассчитывается плотность тока (j_j) и удельная активная мощность в выбранных точках рабочего пространства ванны печи $j = \gamma_i E_i$ и $p_i = \gamma_i E_i^2$. Модель позволяет варьировать формой торца электрода, глубиной его погружения в ванну печи, структурой рабочего пространства, доступна для проверки на адекватность результатам исследования действующих РВП и использования обслуживающим персоналом плавильных цехов ферросплавных заводов, проектными организациями.

Список использованных источников:

1. Карманов, Э. С. Исследование скорости и характера схода шихтовых материалов при выплавке марганцевых сплавов в закрытых руднотермических электропечах / Э. С. Карманов, В. И. Нежурич // Сталь. – 1991. – № 7. – С. 37–40.
2. Кузьменко, С. Н. Определение параметров и характеристик элементов схем замещения ванн рудовосстановительных электропечей / С. Н. Кузьменко, А. В. Николенко // Сталь. – 2005. – № 12. – С. 35–38.
3. Исследование электрических полей печей химической электротермии при использовании полых электродов / А. И. Козлов [и др.] // Спец вопросы электротермии : межведомственный сборник научных трудов ЧГУ. – Чебоксары, 1989. – С. 128–133.
4. Математическое моделирование электрических полей печей рудной электротермии / С. А. Ольдзиевский [и др.]. – М. : Металлургия, 1990. – 112 с.
5. Тозони, О. В. Расчет трехмерных электромагнитных полей / О. В. Тозони. – Киев : Техника, 1974. – 352 с.

Реквизиты для справок: 49600, Украина, г. Днепропетровск, пр. Гагарина, 4, Национальная металлургическая академия Украины, электротехнический факультет, кафедра электротехники и электропривода, к.т.н., доцент В. И. Нежурич – тел. +3(8093)37-421-47; к.т.н., доцент А. В. Николенко – тел. +3(8097)44-726-93; ст. преподаватель В. Ю. Куваев – e-mail: kivaev@i.ua, тел. +3(8050)76-193-26; ассистент М. Ю. Каряка – e-mail: karyakamariya@gmail.com, тел. +3(8050)34-013-10; студент Нсиете Диафука Х. Б. – тел. +3(8063)15-235-40.

АВТОМАТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМЫХ ПЕРЕТОКОВ В КОНТРОЛИРУЕМЫХ СЕЧЕНИЯХ ЭНЕРГОСИСТЕМ

И. А. Поляков, С. Д. Капустин
Россия, Алтайский край, г. Барнаул,
Филиал ОАО «СО ЕЭС» Алтайское РДУ
ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный
технический университет им. И. И. Ползунова»

Режим работы энергетической системы (далее – режим) определяется совокупностью состояний и параметров её элементов. Различные комбинации этих влияющих на режим факторов определяют множество вариантов режима. Наличие непрерывных влияющих величин (например, нагрузка на шинах) наряду с дискретными (например, состояние оборудования) определяет непрерывность самого режима.

Для планирования режима и управления им используются сечения, которые задаются, как правило, по основным сетевым элементам, являющимся граничными по отношению к энергорайону. При этом для удобства планирования и управления режимом определяются предельно допустимые величины перетока активной мощности по заданному сечению (максимально допустимые – МДП и аварийно допустимые – АДП, далее – допустимые перетоки) [1].

Величины допустимых перетоков определяются как значения перетоков активной мощности, соответствующие наиболее критичному из предъявляемых критериев [1] для данного режима.

Вследствие того, что каждому режиму можно поставить в соответствие значения допустимых перетоков, а также ввиду непрерывности режима, можно говорить, что значения допустимых перетоков есть функция режима, который, в свою очередь, является функцией описанных выше величин. Таким образом, значения допустимых перетоков зависят от определяющих режим параметров. Среди этих параметров можно выделить характерные группы, непосредственно влияющие на величины допустимых перетоков (таблица 1).

Число расчетов допустимых перетоков соответствует числу комбинаций влияющих параметров. Так, при учёте ремонтов одновременно до 3-х из 20 сетевых элементов, влияющих на величину допустимых перетоков, число комбинаций составит, согласно [3], 1351. При уточненном расчете с учетом различных возможных параметров (таб-

лица 1) число комбинаций достигает значений, при которых традиционный расчет теряет смысл. С каждым дополнительным учитываемым фактором число комбинаций увеличивается в n раз, где n – количество принимаемых этим фактором значений. Так, при учёте температуры окружающей среды, непосредственно влияющей на допустимую токовую нагрузку ЛЭП, в диапазоне от $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ с шагом в $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (итого 10 значений) число расчетов увеличивается в 10 раз.

Таблица 1 – Группы параметров, влияющих на величину допустимых перетоков

№, п/п	Наименование		
1	Топология (состав) элементов сети, входящих в сечение		
2	Величина и направление транзитных перетоков		
3	Наличие, объем, настройка и состояние ПА		
4	Состав генерирующего оборудования		
5	Топология шунтов (при неполном сечении)		
6	Параметры окружающей среды (например, температура)		
7	Параметры оборудования	7.1	Положение РПН и ПБВ трансформаторов
		7.2	Состояния выключателей на линии, питающей системы шин
		7.3	Допустимая величина аварийной перегрузки сетевого оборудования
8	Соотношение активных и пассивных параметров схемы замещения	8.1	Величина потребления
		8.2	Соотношение между нагрузками в узлах, разность их максимумов во времени

Для решения задач по уточненному расчету допустимых перетоков в программных средах “Microsoft Excel” и программе для расчета установившихся режимов ПК “RastrWin” был создан программный комплекс, позволяющий в автоматическом режиме:

1. Определить и отсортировать варианты нормальной и ремонтных схем.
2. Определить соответствия между схемами, выбрать возможные схемы послеаварийного режима.
3. Определить и учесть предпосылки для работы ПА в каждой схеме.
4. Преобразовать перечень вариантов в список с номерами отключаемых узлов и ветвей для ПК “RastrWin”.
5. Производить последовательно утяжеление режима с контролем необходимых параметров режима для каждого из вариантов.
6. Преобразовывать расчеты утяжеления ПК “RastrWin” в необходимый для дальнейшей работы формат.
7. Производить расчет по выбранным критериям и методике [2] значений допустимых перетоков в выбранных сечениях с учетом:

7.1 выбора оперативного состояния и объемов воздействия противоаварийной автоматики;

7.2 всех послеаварийных режимов, возникших в результате нормативных возмущений [1].

В результате анализа работы программного комплекса и результатов его расчетов были сделаны следующие выводы.

Разработанный программный комплекс позволяет производить автоматический расчет допустимых по выбранным критериям перетоков активной мощности в контролируемых сечениях. Программный комплекс успешно использован для уточненного расчета МДП и АДП в контролируемых сечениях Филиала ОАО «СО ЕЭС». Уточненный расчет дает предпосылки для анализа «слабых» схем со значительным числом отключенных элементов сети, а также для корректировки и более гибкой настройки ПА.

Список использованных источников:

1. Методические указания по устойчивости энергосистем. Министерство энергетики Российской Федерации. Утверждены Приказом Минэнерго России от 30.06.2003 № 277.

2. СТО 59012820.27.010.001-2013. Правила определения максимально допустимых и аварийно допустимых перетоков активной мощности в контролируемых сечениях диспетчерского центра ОАО «СО ЕЭС». Стандарт организации. Утверждены приказом ОАО «СО ЕЭС» от 18.01.2013 № 10.

3. Стенли, Р. Перечислительная комбинаторика / Р. Стенли. – М. : Мир, 1990. – 440 с.

Реквизиты для справок: 656038, Россия, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», энергетический факультет, кафедра «Электроснабжение промышленных предприятий», аспирант И. А. Поляков – e-mail: neomoria@gmail.com, тел. +7-923-717-81-89; к.т.н., доцент С. Д. Капустин – e-mail: sdk2005@yandex.ru, тел. +7(385-2)29-07-92.

СОВМЕСТНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВАРИЙНОГО ОСВЕЩЕНИЯ И ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

А. А. Пряничников, В. В. Тарасов, А. А. Грибанов

Россия, Алтайский край, г. Барнаул,

ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

Тема аварийного освещения и пожарной охраны актуальна в наши дни: она задевает безопасность человеческой жизни. Аварийное освещение – часть освещения, которая продолжает работать в случае прекращения штатной подачи электроэнергии. Оно актуально для производственных помещений, в которых даже после отключения электроэнергии продолжают по инерции движение некоторые элементы, опасные для жизни человека. Во время отключения рабочего освещения должно автоматически включаться аварийное освещение, которое обеспечит освещение опасных участков и поможет без травм вывести людей из помещения. В настоящее время на большинстве производств установлены только таблички направления эвакуационного выхода, что повышает вероятность травматизма в случае чрезвычайной ситуации и отключения основных источников освещения. Пожарная сигнализация на любом производстве – это вещательное устройство, сигнализирующее о пожаре и передающее информацию для управления эвакуацией людей.

Для совершенствования эффективности совместной работы эвакуационного освещения и пожарной сигнализации создаётся устройство, обеспечивающее бесперебойное питание этих систем. Основной принцип его работы заключается в переключении на аварийный источник питания и освещении помещения во время отсутствия напряжения в основной сети. Для этого в основной цепи подключается реле напряжения. Когда напряжение в сети есть – реле замкнуто в одном положении для нормальной работы штатных источников освещения. При отсутствии напряжения в сети реле замыкается во второе положение, тем самым замыкая цепь аварийного освещения. Цепь аварийного освещения питается от аккумуляторных батарей, которые в нормальном режиме работы заряжаются от основной сети. После замыкания аварийного питания напряжение подаётся на светодиоды, а пожарная сигнализация должна обеспечивать автоматическое обнаружение

пожара за время, необходимое для включения систем оповещения о пожаре в целях организации безопасной (с учётом допустимого пожарного риска) эвакуации людей в условиях конкретного объекта. Системы пожарной сигнализации, оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре должны быть установлены на объектах, где воздействие опасных факторов пожара может привести к травматизму и (или) гибели людей [1]. Также пожарная сигнализация должна функционировать с эвакуационным освещением: при срабатывании сигнализации должно загораться эвакуационное освещение, показывающее все пути эвакуации.

В ходе работы предполагается получить значения технических и экономических показателей качества и надёжности выбранной схемы питания аварийного освещения и элементов освещения, а также пожарной сигнализации в совокупности с эвакуационным освещением. Это поможет улучшить безопасность на предприятиях с опасными производствами, снизить уровень травматизма в моменты отключения основного источника питания и в ходе эвакуации людей из помещения, гибель людей при пожаре. Также благодаря этому освещению можно закончить сложный технологический процесс, так как его остановка приведёт к значительным экономическим потерям, и избежать летальных исходов во время пожара.

Также будут рассмотрены все виды оборудования освещения на подстанциях. На данный момент реконструкция подстанций предполагает установку по всему периметру светодиодных ламп, но из-за большой напряжённости электромагнитных полей срок службы светодиодных ламп существенно ниже заявленного гарантийного срока эксплуатации: они дают сбой, перегорают в течение первых двух лет и их световая отдача становится ниже декларируемой изготовителем этих ламп. Для подстанций нужно рассматривать новые светодиодные светильники, более совершенные, с применением экранирующих и снижающих негативное воздействие факторов среды устройств. В ходе работы будут проанализированы способы защиты оборудования от вредных факторов и найден наиболее подходящий вариант для данной среды.

Список использованных источников:

1. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» // Российская газета. – 2008. – 1 августа.

Реквизиты для справок: 656038, Россия, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», энергетический факультет, кафедра «Электроснабжение промышленных предприятий», студент А. А. Пряничников – e-mail: PryanichnikovAlex@mail.ru; студент В. В. Тарасов – e-mail: slaviktarasov@mail.ru; к.т.н., доцент А. А. Грибанов – e-mail: diread@mail.ru, тел. +7(385–2)29–07–76.

УДК 621.311.21

ПЕРСПЕКТИВЫ АВТОНОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В АЛТАЙСКОМ КРАЕ

Б. В. Сёмкин, И. А. Бахтина, П. В. Степанова, С. В. Ильиных
Россия, Алтайский край, г. Барнаул,
ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

По многочисленным данным выработка энергии с использованием альтернативных (возобновляемых) источников (ВИЭ) составляет в мире около 14 %, в России – 1,5 % (к 2020 г. – 4,5 %). Каковы причины такого отставания? Обычно называют три: РФ – богата природными не возобновляемыми ресурсами и обеспечить за их счет энергетические потребности страны экономически выгоднее; низкий технологический уровень российской промышленности не позволяет обеспечить производство сложного надёжного высокоэкономичного оборудования, необходимого для реализации альтернативной энергетики; низкая плотность населения пока не позволяет в полной мере почувствовать «экологические прелести» традиционного производства энергии, например, по сравнению со странами Западной Европы.

На наш взгляд, в вопросах использования природных возобновляемых ресурсов, особенно для нужд удаленных потребителей «виновата» также наша высокоэффективная государственная политика в развитии энергетики. Объединение локальных систем в единую энергосистему позволяет планомерно электрифицировать огромную сеть маломощных локальных потребителей, доставить по проводам необходимые киловатт-часы в самые удаленные уголки страны. Конечно, капитальные затраты, эксплуатационные расходы, потери энергии на ее транспорте и на отчуждение земли велики, но производителя и удаленного потребителя это не беспокоит, т. к. тарифы на энергию едины и эти затраты покрывают все потребители скопом. Отсюда – отсутствие

инвестиционного интереса, неразвитая инфраструктура автономной энергетики, недостаточное количество и качество научных работ, отсутствие мониторинга этого сектора отрасли, нет обмена информацией, не готовятся кадры, нет общественной поддержки. Применительно к Алтайскому краю следует отметить, что условия для использования ВИЭ в крае не хуже, чем в среднем по миру. По солнечной радиации ситуация в крае близка к Крыму и Северному Кавказу, регион богат реками (около 5000), их общая протяженность свыше 30000 км, средний по территории Алтайского края удельный валовый потенциал ветровой энергии составляет 56,6 млн. кВтч/км², перспективы наращивания биотоплива благоприятны. Поэтому есть все основания для опережающего по сравнению с РФ роста альтернативной, и, прежде всего, автономной энергетики.

Решать последнюю задачу можно только в комплексе с применением технически и экономически обоснованных решений по аккумуляции энергоресурсов для энергообеспечения автономных потребителей в периоды, когда природные источники (солнечное излучение, ветер и др.) «отдыхают». В науке и практике известен ряд способов аккумуляции энергии. Наиболее популярны электрохимические источники (ЭХИ), запасающие химическую форму энергии и далее в окислительно-восстановительных реакциях превращающие их в электрическую. Традиционные ЭХИ на основе гальванических элементов, несмотря на более чем двухвековую модернизацию, сохранили свои традиционные недостатки: саморазряд, неэкологичность, снижение ЭДС в процессе разряда, проблемы утилизации и др. На смену им активно продвигаются по всему миру топливные элементы – прямые преобразователи химической энергии в электрическую, в которых реакция электрохимического окисления происходит без расхода вещества электродов и электролита. Наиболее перспективны топливные элементы с реакцией соединения водорода и кислорода. Достоинства генераторов с водородными топливными элементами: высокий КПД, экологичность, бесшумность, модульная конструкция, многообразие первичных видов топлива, широкий интервал мощности. Высокие эксплуатационные свойства и надежность водородных топливных элементов доказаны при эксплуатации в качестве бортового энергообеспечения в авиации, космосе, подводных лодках, морском транспорте [1]. В нашей стране для автономной энергетики созданы различные установки с мощностью от 1 до 16 кВт, корабельные – мощностью 150 кВт и более. Так, ОАО «Уральский электрохимический комбинат» выпускает ЭХГ на водородных топливных элементах с номинальной мощностью 10 кВт (пиковая 25 кВт), с ресурсом – 5000 часов, КПД – 65–75 %. В мировой практике создан генератор на 50 МВт. Однако пока высока себестоимость и недостаточен срок

службы, наилучший – у твердотопливных элементов – 5–10 тыс. часов работы.

Появление фторуглеродных катионообменных мембран произвело настоящую революцию в таких областях, как электролиз воды для получения водорода, кислорода и преобразования химической энергии в электрическую с помощью топливных элементов. Такая мембрана в рассматриваемых системах является не только ион-селективной диафрагмой, но и действительно твёрдым полимерным электролитом. Появились основания, что в процессе многочисленных научных и научно-технических работ, активно проводимых в мире в последнее десятилетие, параметры топливных элементов будут существенно улучшены и они будут представлять интерес не только как источники бортового энергоснабжения и водообеспечения, но и на транспорте, в быту и, безусловно, в ситуациях комбинированной энергетики с ВИЭ.

Наличие солнечного света, ветра, других ВИЭ и потребность в энергии не всегда совпадают во времени. Когда потребление энергии незначительное, электрическая энергия от солнечной батареи может использоваться для электролиза воды и получения водорода. Водород поступает в накопитель и по мере необходимости используется для выработки электроэнергии в водородных электрохимических генераторах. Такая гибридная система, возможно, и будет основой для будущей автономной электроэнергетики. Она может работать в трех режимах: электроснабжение с использованием ВИЭ (свет, ветер, малые водные стоки, биотопливо и т. п.); электроснабжение от электрохимического генератора на водороде, полученном электролизом воды за счет ВИЭ указанных в предыдущем пункте; электроснабжение от электрохимического генератора на водороде или водородосодержащих веществах, доставленных в точку расположения автономного потребителя. Такая комбинация может рассматриваться и как обеспечение резервирования, столь необходимого в большинстве случаев энергоснабжения.

Во всех случаях потребитель использует электрическую энергию, которую легко преобразовать в другие потребные формы, в том числе, тепло. Возможны более сложные варианты, когда тепло генерируется напрямую от электрохимического генератора [2] и от ВИЭ через преобразование по схеме «ВИЭ – механическая энергия – тепло».

Список использованных источников:

1. Месяц, Г. А. Водородная энергетика и топливные элементы / Г. А. Месяц, М. Д. Прохоров // Вестник РАН. – 2004. – Т. 74. – № 7. – С. 579–597.

2. Прудников, А. Электрохимические микроТЭЦ : почти готовы / А. Прудников // «Аква-Терм» [Электронный ресурс]. – Электрон. текст. данные. – 2007. – № 2(36). – Режим доступа : http://www.aquatherm.ru/articles/articles_103.html. – Загл. с экрана.

Реквизиты для справок: 656038, Россия, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», энергетический факультет, кафедра «Теплотехника, гидравлика и водоснабжение, водоотведение», д.т.н., профессор Б. В. Сёмкин – sbv@mail.altstu.ru, кафедра «Естествознание и системный анализ», +7(385-2)29-09-66; к.т.н., доцент И. А. Бахтина – bia-altai@mail.ru; доцент П. В. Степанова – po13@mail.ru; аспирант С. В. Ильиных – svilinyh001@mail.ru, кафедра «Теплотехника, гидравлика и водоснабжение, водоотведение», +7(385-2)29-07-84.

УДК 621.31

ПОВЫШЕНИЕ НАДЁЖНОСТИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ ЕГО МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Е. И. Соловьёва, Р. С. Викторов, А. А. Грибанов
Россия, Алтайский край, г. Барнаул,
ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

Для совершенствования процесса промышленного производства необходима рациональная организация всех его элементов, в том числе технического обслуживания и ремонта электрооборудования. Эффективность производства и качество продукции во многом определяются надёжностью средств производства и, в частности, электрооборудования, и величиной и сроками их планово-предупредительного ремонта [1].

Высокий уровень эксплуатационной надёжности электрооборудования может быть обеспечен строгим выполнением правил технической эксплуатации при обслуживании, чёткой организацией и современным оснащением ремонтного производства, а также качеством выполнения операций по обслуживанию, ремонту и монтажу электрооборудования.

Одной из наиболее действенных мер по поддержанию оборудования на высоком техническом уровне и значительному продлению его работоспособности является современный и качественный ремонт. Надёжность оборудования и, в конечном счёте, эффективность всего производства непосредственно зависят от результатов труда рабочих, занятых обслуживанием или ремонтом электрооборудования. Небольшие промышленные предприятия зачастую не имеют необходимого количество обслуживающего персонала, чтобы в короткие сроки исправить неполадки электрооборудования и обеспечить его дальнейшую бесперебойную работу. В результате образовавшийся простой электрооборудования ведёт к простоям производства и значительным убыткам.

Выходом из сложившейся ситуации может являться разработка и применение систем управления процессом массового обслуживания электрооборудования. Как показал зарубежный опыт и исследования, проведённые отечественными учёными, при массовом использовании подобных систем возможно снижение убытков от простоя электрооборудования в 2–3 раза и снижение общих затрат на его эксплуатацию на 10–15 %.

Объектом исследования является система массового обслуживания (СМО), которая характеризуется случайными входящими дискретными потоками заявок – отказами электрооборудования – и задержками в их обслуживании, вызванными ограниченностью ресурсов системы. Характерной особенностью данной системы на сегодняшний день являются большие материальные потери, обусловленные простоем электрооборудования, ожидающего ремонта. Основная с практической точки зрения задача обеспечения максимально возможной эффективности достигается за счёт оптимизации функционирования СМО посредством ситуационного управления процессами массового обслуживания вышедшего из строя электрооборудования с целью минимизации времени его простоя.

Практическая реализация ситуационного управления в СМО состоит в автоматизации управляемого процесса диспетчеризации сроков и качества ремонта электрооборудования. Объектом управления в данном случае является СМО, для которой определяется критерий (или группа критериев) качества её функционирования за счёт использования информации о текущем состоянии системы. Подобное управление невозможно без применения вычислительной техники и для организации рационального процесса функционирования СМО необходима разработка автоматизированной системы управления процессом массового обслуживания (АСУ ПМО) ремонтных заявок, которую можно отнести к классу АСУ дискретными технологическими процессами.

Для достижения поставленной цели предполагается решить следующие задачи:

- обосновать целесообразность совершенствования системы планово-предупредительного ремонта электрооборудования в промышленном производстве;
- провести анализ методов планирования ремонта электрооборудования и исследование статистики выхода его из строя и связанных с этим убытков на предприятиях промышленного комплекса;
- разработать методики комплексной диагностики и прогнозирования технического состояния электрооборудования, на основе которых возможно получение данных об интенсивностях его отказов во времени;
- разработать математическую модель системы ремонта электрооборудования, позволяющую определять показатели процесса его массового обслуживания (ПМО);
- разработать методику оптимизации найденных показателей ПМО, позволяющую создавать максимально экономичные графики ремонта электрооборудования на промышленных предприятиях;
- создать методики практического применения усовершенствованной системы планово-предупредительного ремонта промышленного электрооборудования;
- обосновать экономическую эффективность использования усовершенствованной системы планово-предупредительного ремонта электрооборудования промышленных предприятий.

Список использованных источников:

1. Рыбаков, В. А. Разработка методики планирования ремонта электродвигателей в сельском хозяйстве на основе математического моделирования их жизненного цикла : дисс. ... канд. техн. наук : 05.20.02 / В. А. Рыбаков. – Барнаул, 2007. – 204 с.

Реквизиты для справок: 656038, Россия, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», энергетический факультет, кафедра «Электроснабжение промышленных предприятий», студент Е. И. Соловьева; студент Р. С. Викторov; к.т.н., доцент А. А. Грибанов – e-mail: diread@mail.ru, тел. +7(385–2)29–07–76.

АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ СТАРЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ОБМОТОК СТАТОРА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАШИНЫ

Г. В. Суханкин

Россия, Алтайский край, г. Барнаул,

ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

Процесс старения изоляции электрической машины (ЭМ) – это механизм, который затрагивает различные уровни вещества: молекулярный, макромолекулярный, макроскопический. Старение на макромолекулярном уровне приводит, например, к разрыву связей (термическое воздействие, влажность), макроскопическом – растрескиванию (механические нагрузки) и др. Кроме того, как показывают опыты, старение изоляции просто является функцией времени, независимо от действия повреждающих факторов (ПФ). По всей видимости, этот процесс затрагивает все уровни, включая микроскопический. Однако с точки зрения состояния изоляции, как ресурса ЭМ, важно количественно оценить общую степень ее деградации, не вдаваясь в детали происходящих процессов [1].

В качестве оценки степени старения изоляции использовались следующие диагностические признаки (ДП): коэффициент поляризации – $K_{\text{пол}}$, коэффициент абсорбции – $K_{\text{абс}}$, модуль упругости изоляции E , диэлектрические потери – $\text{tg } \varphi = I_a / I_p$. (таблица 1).

$K1-K4_{\text{норм}}$ – нормированные значения соответствующих коэффициентов, приведенных в таблице 1, изменяющиеся от 0 до 1 и рассчитанные по формуле:

$$K_{\text{норм}} = (K_{\text{текизм}} - K_{\text{минизм}}) / (K_{\text{максизм}} - K_{\text{минизм}}),$$

где – $K_{\text{текизм}}$ – текущее измеренное значение ДП, $K_{\text{минизм}}$ – минимальное измеренное значение ДП.

В соответствии с таблицей 1 коэффициент старения изоляции:

$$K_{\text{стар}} = (1 - K1) + (1 - K2) + K3 + K4.$$

Коэффициент старения изоляции, приведенный к диапазону 0–1:

$$K_{\text{стар}0-1} = 0,5 + \frac{K3 + K4 - K1 - K2}{4}.$$

Имея вектор повреждающих факторов z_1-z_n , а также $K_{\text{стар}}$, можно приступить к созданию модели старения изоляции ЭМ. Такая модель представляет собой упруговязкую структуру, элементы которой подвергаются негативным воздействиям ПФ.

Таблица 1 – Диагностические признаки состояния изоляции

ДП		Диапазон изменения ДП в абсолютных единицах		Нормированный диапазон изменения ДП		Среднее нормированное значение при пробе изоляции
		Наихудшее значение	Наилучшее значение	Наихудшее значение	Наилучшее значение	
<i>K1</i>	$K_{пол}$	$\approx 0,03$	2,51	0	1	0,09
<i>K2</i>	$K_{абс}$	$\approx 0,67$	8,33	0	1	0,05
<i>K3</i>	E	$1,35 \cdot 10^{11}$ Н/м ²	$0,97 \cdot 10^9$ Н/м ²	1	0	0,82
<i>K4</i>	$\text{tg } \varphi$	$\approx 0,9$	10^{-3}	1	0	0,85

Статистический подход к задаче восстановления функциональной зависимости отклика y от ПФ z основывается на предположении, что имеется некоторый начальный набор экспериментальных данных (z_k, y_k) , где y_k – значение функции отклика при заданном значении фактора z_k , i изменяется от 1 до n , где n – число наблюдений. Величина y_k , полученная на основе экспериментальных данных, состоит из двух составляющих: одна из них закономерно зависит от z_k , другая, случайная составляющая e , зависит от неуправляемых факторов. Ее иногда называют ошибкой эксперимента, связывая ее присутствие с несовершенством метода измерения [2]. Таким образом

$$y_k = f(z_k) + e_k, k=1, \dots, n.$$

Для обработки результатов проведенных экспериментов и дальнейшего определения коэффициентов уравнения регрессии ПФ приводят к одному масштабу. Это достигается путем кодирования переменных. Если нижний уровень фактора z_i обозначить через z_i^- , верхний уровень – через z_i^+ (т. е. , $i=1, \dots, k$), тогда новые кодированные переменные x_i будут определяться через z_i по формуле [3]

$$x_i = \frac{z_i - z_i^0}{\lambda_i}, \quad (1)$$

где z_i^0 является центром плана, λ_i – интервалом варьирования, которые находят с помощью соотношений

$$z_i^0 = \frac{z_i^+ + z_i^-}{2};$$

$$\lambda_i = \frac{z_i^+ - z_i^-}{2}.$$

При таком кодировании все новые переменные будут принимать значения от -1 до $+1$, т. е. $x_i \in [-1; 1]$, $i=1, k$ [3].

Для различных математических планов эксперимента уравнение регрессии содержит различные составляющие:

а) для планов первого порядка уравнение регрессии включает линейные эффекты и парные взаимодействия:

$$y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n + b_{12} X_1 X_2 + \dots + b_{n-1, n} X_{n-1} X_n;$$

б) для планов второго порядка уравнение регрессии включает линейные эффекты, парные взаимодействия и квадратичные эффекты:

$$y = b_0 + b_1 X_1 + \dots + b_n X_n + b_{12} X_1 X_2 + \dots + b_{n-1, n} X_{n-1} X_n + b_{11} X_1^2 + \dots + b_{nn} X_n^2,$$

где b_0 – свободный член уравнения регрессии,

$b_n, b_{12}, \dots, b_{n-1, n}, b_{11}, \dots, b_{nn}$ – коэффициенты регрессии [4].

В многомерной аппроксимации (множественной регрессии) в матричной форме система линейных нормальных уравнений для определения вектора коэффициентов регрессии B будет иметь вид [2]:

$$X^T \cdot X \cdot B = X^T Y,$$

где X – матрица факторов; Y – вектор результатов наблюдений; $Y = (y_1, \dots, y_N)^T$; $B = (B_1, \dots, B_k)^T$ – искомый вектор коэффициентов полинома.

Отсюда вектор-столбец коэффициентов регрессии вычисляется по соотношению:

$$B = (X^T \cdot X)^{-1} \cdot X^T \cdot Y, \quad (2)$$

где $(X^T X)^{-1}$ – ковариационная матрица, обратная матрице $(X^T X)$.

Для линейного полинома матрица $X^T X$ является диагональной, для нелинейных уравнений появляются недиагональные (ненулевые) элементы, в этом случае расчет целесообразно производить с помощью компьютерных алгоритмов в силу его сложности.

После нормализации входных данных по (1) создается матрица планирования. В качестве ПФ рассматривались: время – x_1 , температура изоляции обмоток – x_2 , влажность – x_3 , концентрация пыли – x_4 , концентрация агрессивных газов – x_5 , отклонение питающего напряжения – x_6 , несимметрия напряжений в 3-фазной системе (перекос фаз) – x_7 , несинусоидальность напряжения – x_8 , нагрузка на валу – x_9 .

Алгоритм построения модели старения представляет собой следующие шаги.

1. Задание нижних и верхних пределов ПФ.
2. Приведение ПФ к значениям -1 и $+1$ в соответствии с (1).
3. Создание матрицы ПФЭ в виде файла *X.dat*
4. Вычисление критерия Стьюдента в соответствии со значимостью и степенью свободы
5. Построение расширенной матрицы эксперимента

6. Расчет коэффициентов регрессии по (2)

7. Нахождение дисперсии воспроизводимости $S_{\{y\}}^2 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n S_j^2$.

8. Определение среднеквадратичного отклонения $S_{\text{коэф}} = \sqrt{\frac{S_{\{y\}}^2}{n \cdot m}}$,

где n – число параллельных опытов, m – число опытов.

9. Из таблиц распределения Стьюдента по числу степеней свободы $n(m-1)$ при заданном уровне значимости определяется $t_{\text{крит}} \cdot S_{\text{коэф}}$.

10. Удаление незначимых коэффициентов регрессии из модели.

11. Оценка на адекватность модели по критерию Фишера.

12. Переход к натуральным коэффициентам по (1) [3].

Список использованных источников:

1. Суханкин, Г. В. Модель старения изоляции обмоток статора электрической машины / Г. В. Суханкин, Н. Т. Герцен // Вестник ИжГТУ. – 2012. – № 1. – С. 80–82.

2. Цивин, М. Н. Многофакторный эксперимент : графическая интерпретация данных / М. Н. Цивин. – Киев : ИГиМ, 2003. – 120 с.

3. Соколовская, И. Ю. Полный факторный эксперимент : методические указания для самостоятельной работы студентов / И. Ю. Соколовская. – Новосибирск : НГАВТ, 2010. – 36 с.

4. Применение эксперимента для построения математических моделей статистики объектов автоматизации [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа : <http://ogent.narod.ru/atp/pilnev/conspect/13.doc>. – Загл. с экрана.

Реквизиты для справок: 656038, Россия, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», к.т.н., Г. В. Суханкин – e-mail: gen@mail.ru, тел. +7(385-2)29-07-44.

МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ УПРУГИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗОЛЯЦИИ ОБМОТОК ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Г. В. Суханкин

Россия, Алтайский край, г. Барнаул,

ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

Для решения задачи по повышению надёжности и увеличению срока службы электродвигателей необходима реализация комплекса мер, включая исследование причин старения изоляции, выявление совокупности факторов, оказывающих основное влияние на этот процесс, разработку адекватной математической модели старения, выявление новых диагностических признаков её состояния, возможность практической оценки степени старения новыми эффективными методами, определение её остаточного ресурса с помощью нейронных обучающихся сетей и т. д.

Для реализации любого из вышеперечисленных пунктов необходимы практические методы измерения диагностических признаков. На сегодняшний день существует около 10 диагностических признаков, по которым можно судить как о состоянии изоляции, так и о самом электродвигателе в целом. Автором и коллегами в [1, 2] удалось выявить новый диагностический показатель и разработать методику его измерения.

Основными соотношениями, используемыми в вышеупомянутой методике являлись:

$$|E^*| = \sqrt{(E')^2 + (E'')^2}, \quad (1)$$

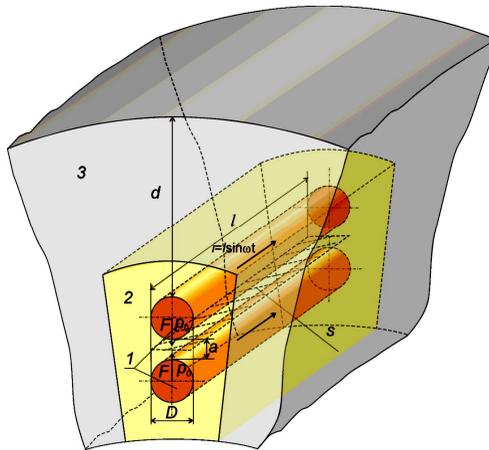
где $|E^*|$ – комплексный модуль упругости (диагностический признак (ДП)),

$$E' - \text{динамический модуль упругости изоляции: } E' = \frac{\rho c \left[1 - \left(\frac{\alpha \lambda}{2\pi} \right)^2 \right]}{\left[1 + \left(\frac{\alpha \lambda}{2\pi} \right)^2 \right]^2},$$

$$E'' - \text{модуль потерь изоляции: } E'' = \frac{\rho c^2 \frac{\alpha \lambda}{2\pi}}{\left[1 + \left(\frac{\alpha \lambda}{2\pi}\right)^2\right]^2},$$

ρ – плотность изоляции, λ – длина акустической волны, α – коэффициент поглощения звука в изоляции.

При разработке метода измерения диагностического признака была использована модель, представленная на рисунке 1 [3].



1 – проводники обмотки, 2 – изоляция, 3 – магнитопровод, F – сила взаимодействия проводников обмотки, S – площадка, на которую эта сила действует, i – диагностический синусоидальный ток в проводнике, $p \sin \omega t$ – акустическое напряжение, создаваемое взаимодействием проводников, d – путь прохождения волны, от точки её генерации до датчика, устанавливаемого на поверхности электродвигателя

Рисунок 1 – Модель метода измерения $|E^*|$ изоляции обмоток асинхронного двигателя: (АД)

Для описания работы модели представим несколько допущений и базовых уравнений.

1. Число проводников обмотки в пазу – 2.
2. Распространяемая волна, генерируемая взаимодействием этих проводников является плоской. Расчетное изменение звукового дав-

ления уменьшается в такой волне вследствие ее ослабления по экспоненциальному закону:

$$p = p_0 e^{-\alpha d}, \quad (2)$$

где p_0 и p – соответственно звуковые давления, создаваемые в начале и в конце пути волны (до и после прохождения изоляции).

3. Расстояние между проводниками считаем одинаковыми, тогда сила взаимодействия проводников модели:

$$F = \frac{\mu\mu_0 i^2 \sin^2 \omega t}{2\pi a} l,$$

где μ – относительная магнитная проницаемость изоляции, μ_0 – магнитная постоянная, a – расстояние между проводниками, l – длина проводников в пазу, ω – круговая частота диагностического тока.

В соответствии с моделью (рисунок 1) акустическое напряжение:

$$p_0 = F/S,$$

где F – сила (Н), создаваемая параллельными проводниками обмотки, через которые протекает диагностический ток i , $S = D \cdot l$ – площадка (m^2) между проводниками обмотки, на которую сила эта действует.

4. d в модели принимаем 10^{-1} м, D – 10^{-3} м, l – 10^{-1} м, что примерно соответствует АД средней мощности, затуханием в элементе 3 модели пренебрегаем, так как $\alpha_3 \ll \alpha_2$.

Таким образом, по экспериментально измеряемой датчиком величине p рассчитывается α по (2), а затем и ДП по (1).

Для наблюдения за работой модели была разработана имитационная механическая схема, приведённая на рисунке 2, результат её работы – рисунке 3.

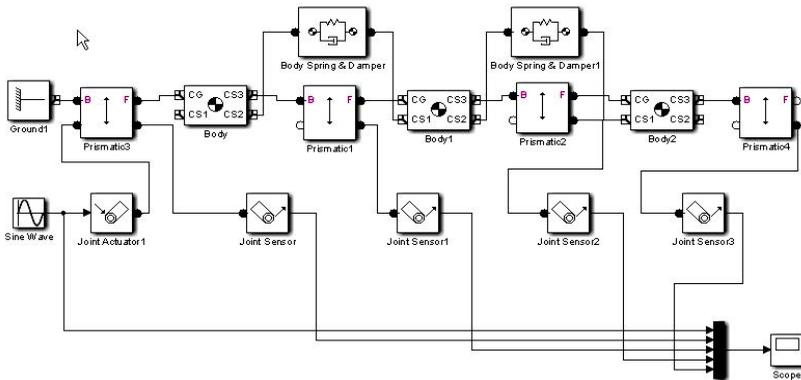


Рисунок 2 – Имитационная механическая модель рассматриваемого метода измерения

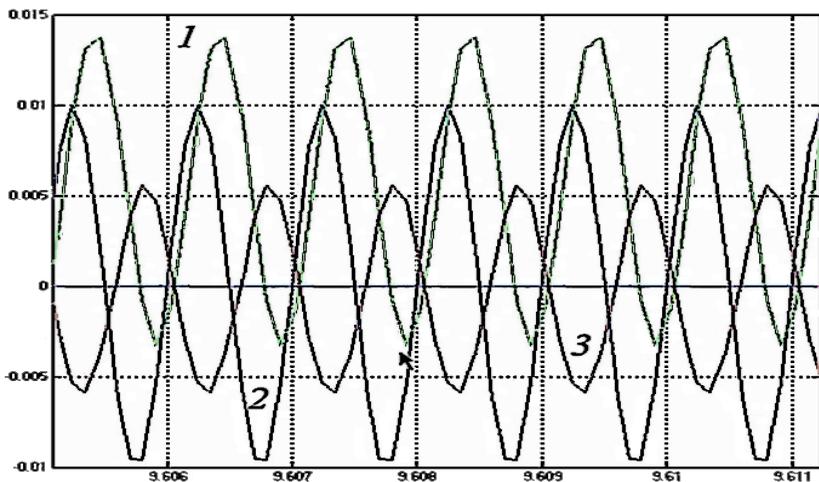


Рисунок 3 – Результат работы имитационной модели:
 1 и 2 – p_0 , создаваемое проводниками обмотки,
 3 – p , создаваемое волной, после прохождения изоляции

Список использованных источников:

1. Пат. 2436081 Российская Федерация, МПК G 01 № 29/11 (2006/01). Способ акустической диагностики изоляции обмоток асинхронного электродвигателя / Н. Т. Герцен, Г. В. Суханкин, Н. П. Воробьев; заявитель и патентообладатель ГОУВПО «Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова» (АлтГТУ). – № 2010129672/28; заявл. 15.07.2010; опубл. 10.12.2011, Бюл. № 34. – 12 с. : ил.
2. Суханкин, Г. В. Модель взаимодействия акустического сигнала и изоляции статора электрической машины, подвергшейся старению / Г. В. Суханкин, Н. Т. Герцен // Ползуновский вестник. – 2009. – № 4. – С. 124–132.
3. Суханкин, Г. В. Компьютерная система акустической диагностики изоляции электрических машин / Н. Т. Герцен, Г. В. Суханкин // Ползуновский вестник. – 2007. – № 4. – С. 146–154.

Реквизиты для справок: 656038, Россия, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», к.т.н., Г. В. Суханкин – e-mail: gen@mail.ru, тел. +7(385–2)29–07–44.

ПОСТРОЕНИЕ АМПЛИТУДНО-ФАЗОВЫХ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПО ИСХОДНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Ю. В. Хрущев, И. С. Токарев, А. А. Кладько
Россия, Томская область, г. Томск,
ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский
Томский политехнический университет»

Исследование статической устойчивости электроэнергетических систем (ЭЭС) является сложным и трудоемким процессом. На сегодняшний день для решения задач регулирования ЭЭС используются алгебраические и частотные критерии устойчивости. Наиболее широкое применение в практических расчетах получил метод D-разбиения. Со временем были выявлены качественные недостатки метода, ограничивающие его дальнейшее применение для анализа устойчивости сложных многомашинных ЭЭС и синтеза настроек автоматических регуляторов возбуждения [1].

Метод D-разбиения, как и большинство прочих критериев устойчивости, требует линеаризации систем дифференциальных уравнений, составляющих исходную математическую модель рассматриваемой ЭЭС. Линеаризация систем дифференциальных уравнений сложных ЭЭС является технически несложной, но весьма громоздкой математической процедурой, практически невозможной при использовании физических или гибридных моделирующих комплексов для исследования колебательной устойчивости ЭЭС.

В работе [2] на примере линеаризованной системы уравнений показано, что такой анализ может успешно проводиться с использованием критерия Найквиста.

Применение критерия устойчивости Найквиста к исследованию исходной (нелинеаризованной) системы может позволить снять отмеченные трудности. Однако корректность подобного подхода требует доказательства.

Для обоснования на первом этапе выбрана простейшая модель ЭЭС (рисунок 1).

Математическое описание элементов этой модели представляется упрощенными дифференциальными уравнениями, приемлемыми для рассмотрения задач анализа статической устойчивости.

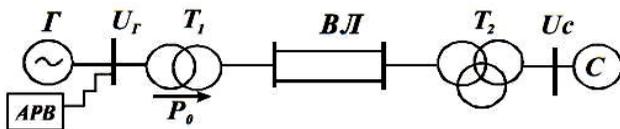


Рисунок 1 – Схема одномашинной модели ЭЭС

Исходная система дифференциальных уравнений рассматриваемой модели ЭЭС для принятого к исследованию схемно-режимного состояния записывается в следующей форме:

$$\left\{ \begin{array}{l} p\delta = V; \\ pV = 4,335 - 2,26(E + 1,92)\sin\delta + 0,034\sin(3,14t); \\ pE = x_e; \\ pU = \frac{(E + 1,92)(3,91V\sin\delta - 1,47x_e) - 3,91x_e\cos\delta}{\sqrt{2,16(E + 1,92)^2 + 15,29 + 11,49(E + 1,92)\cos\delta}}; \\ px_e = 5\left[1,47K_{1U} \frac{(E + 1,92)(3,91V\sin\delta - 1,47x_e) - 3,91x_e\cos\delta}{5,38\sqrt{2,16(E + 1,92)^2 + 15,29 + 11,49(E + 1,92)\cos\delta}} + \right. \\ \left. + K_{0f}V + K_{0U}U + 24,62K_{1f}\left(0,34 - \frac{(E + 1,92)}{3,91}\sin\delta\right) - 2,1x_e - E\right]; \end{array} \right. \quad (1)$$

Для построения амплитудно-фазовой частотной характеристики (АФЧХ) на вход подается синусоидальный сигнал переменной частоты ω с постоянной амплитудой. В качестве входного сигнала выступает малое гармоническое возмущение мощности турбины ΔP , которое вводится в правой части второго уравнения системы (1). Выходным сигналом является гармоническое приращение угла $\Delta\delta$. Отношение амплитуды выходного установившегося сигнала к амплитуде входного сигнала определяет амплитуду этой характеристики. Фазовый сдвиг между сигналами представляет собой фазу АФЧХ.

Для сравнения производится построение АФЧХ по исходной и линеаризованной математическим моделям ЭЭС.

Передаточная функция для линеаризованной системы имеет вид:

$$W_3(p) = \frac{p^2 + 39,819p + 142,389}{p^4 + 39,819p^3 + 143,598p^2 + 396,078p + 608,754}.$$

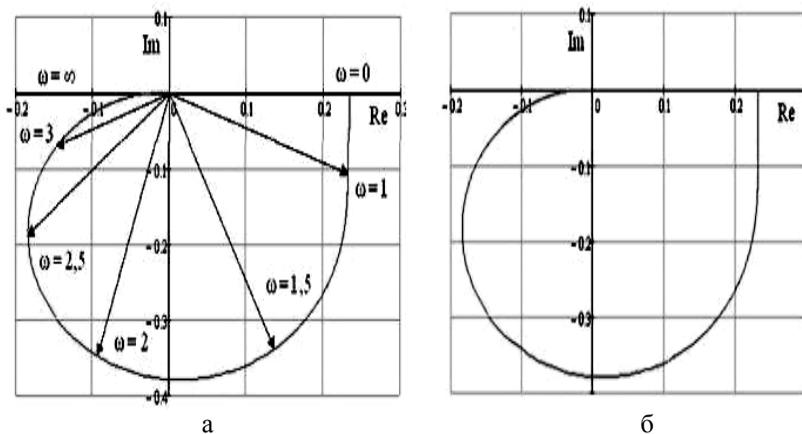


Рисунок 2 – АФЧХ системы:
 а) АФЧХ исходной (нелиinearизованной) системы;
 б) АФЧХ linearизованной системы

Проведенное сравнение этих АФЧХ позволяет сделать вывод о применимости использования в расчетах устойчивости «в малом» исходных математических моделей ЭЭС.

Список использованных источников:

1. Дойников, А. Н. Эквивалентирование и идентификация электроэнергетических систем при решении задач статической устойчивости : дис. ... д-ра. тех. наук : защищена 22.11.01 : утв. 14.06.02 / Дойников Александр Николаевич ; Иркут. гос. ин-т инженеров ж.-д. трансп. – Братск, 2001. – 294 с.

2. Хрущев, Ю. В. Применение критерия Найквиста к исследованиям статической устойчивости электроэнергетических систем / Ю. В. Хрущев, И. С. Токарев // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2011. – № 2. – С. 295–298.

Реквизиты для справок: 634050, Россия, Томская область, г. Томск, пр. Ленина, 30, ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Институт физики высоких технологий, кафедра «Техника и электрофизика высоких напряжений», магистрант А. А. Кладько – e-mail: andkladd@mail.ru, тел. 8–960–971–00–47.

МНОГОДВИГАТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ПЕРЕМЕННОГО ТОКА АППАРАТА ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ГАЗА

И. А. Чернышев, А. Ю. Рожков, Т. А. Чернышева
Россия, г. Томск,
ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский
Томский политехнический университет»

В процессе подготовки природного газа к транспортировке по магистральным газопроводам (МГ) на компрессорных станциях (КС) при компримировании (сжатии) происходит нагрев газа. Для предотвращения линейного расширения МГ и энергосбережения газ необходимо охладить с помощью аппарата воздушного охлаждения (АВО) газа [1]. Для решения проблем поддержания требуемой температуры газа на выходе аппарата воздушного охлаждения и защиты теплообменных труб от гидратообразования целесообразно использовать систему автоматического управления (САУ) АВО с использованием преобразователя частоты. Функциональная схема такой системы приведена на рисунке 1.

В основные функции программируемого логического контроллера входит определение необходимого числа запускаемых вентиляторов в зависимости от температуры окружающего воздуха.

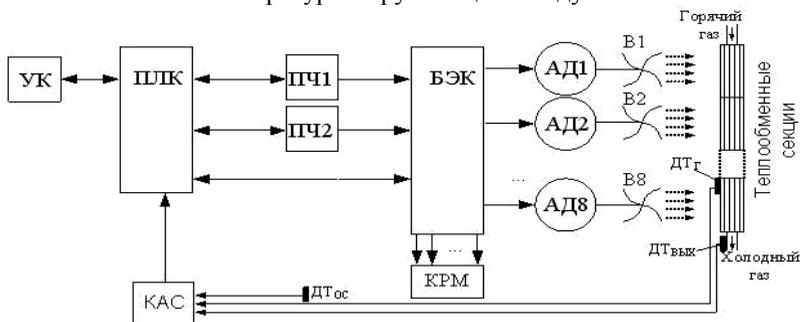


Рисунок 1 – Функциональная схема САУ АВО газа

Также программируемый контроллер выполняет функции блока релейной коммутации, обеспечивая последовательное подключение электродвигателей к преобразователю частоты, а затем вывод напряжения в сеть по средствам электромагнитных реле.

Функциональная схема 8-двигательного частотно-регулируемого электропривода аппарата воздушного охлаждения газа изображена на рисунке 2.

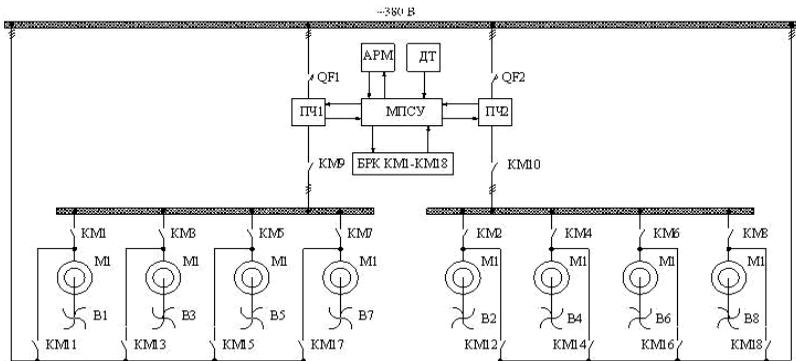


Рисунок 2 – Функциональная схема 8-двигательного частотно-регулируемого электропривода аппарата воздушного охлаждения газа

Для обеспечения поддержания температуры на выходе аппарата воздушного охлаждения необходим контур регулирования по температуре. Тогда контроллер будет отслеживать не только необходимое число запускаемых вентиляторов, но и обеспечение запуска последнего вентилятора по замкнутому контуру регулирования температуры. Имитационная модель контура температуры АВО с четырьмя асинхронными двигателями, собранная в Matlab Simulink [2], приведена на рисунке 3.

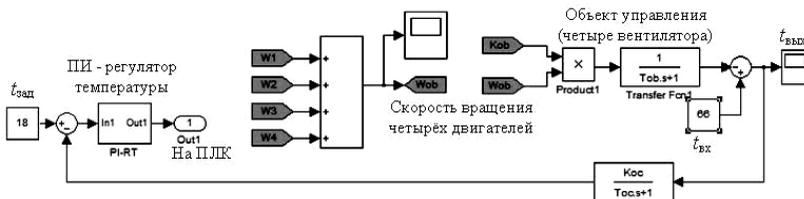


Рисунок 3 – Имитационная модель контура температуры АВО

Переходный процесс охлаждения газа с начальной температуры 66 °С на выходе из АВО до 16 °С при температуре окружающей среды -5 °С приведен на рисунке 4.

Для охлаждения газа до указанной температуры необходимо, чтобы система управления запустила шесть двигателей. При этом четыре двигателя последовательно запускаются через преобразователь частоты, а последняя пара вентиляторов запускается через замкнутый контур регулирования температуры.

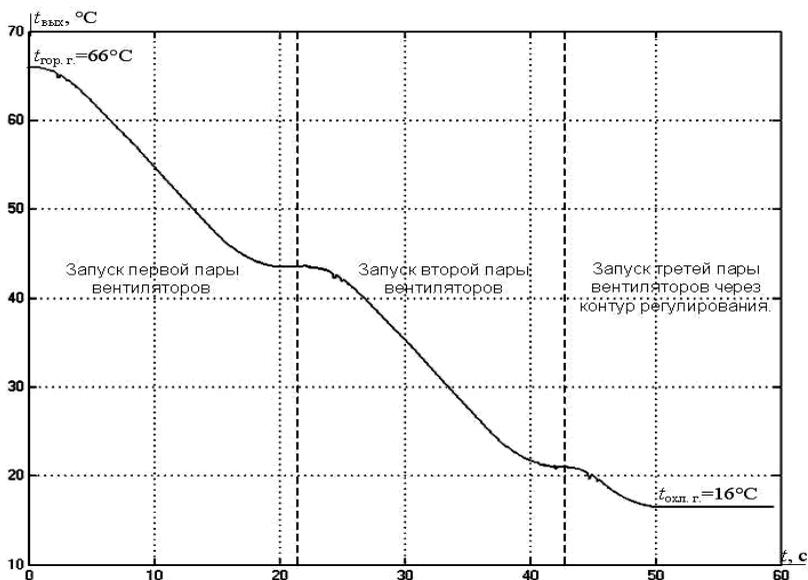


Рисунок 4 – Переходный процесс охлаждения газа на выходе АВО при температуре окружающего воздуха $-5^\circ C$

Список использованных источников:

1. Крюков, Н. П. Аппараты воздушного охлаждения / Н. П. Крюков. – М. : Химия, 1983. – 165 с. : ил.
2. Черных, И. В. Моделирование электрических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink / И. В. Черных. – СПб. : Питер; М. : ДМК Пресс, 2008. – 288 с. : ил.

Реквизиты для справок: 634050 г. Томск, ул. Усова, 7 оф. 211; НИ ТПУ, Энергетический институт, кафедра «Электропривода и электрооборудования», доцент И. А. Чернышев – e-mail: chia_tomsk@rambler.ru, тел. +7(382-2)563-255; 634034, г. Томск, ул. Советская, 84/3, Институт кибернетики, каф. ИГПД, ст. преп. Т. А. Чернышева, +7(382-2)705-087.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭНЕРГОАУДИТ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ОТДЕЛЬНОМ РЕГИОНЕ

В. Г. Афанасьев
Россия, Алтайский край, г. Барнаул,
ООО «ЭПК-АС»

Введение

Большой вклад в развитие нового направления бизнеса способны внести инженерно-сервисные компании, выполняющие для крупных отечественных и зарубежных корпораций ряд важных заказов на «инжиниринговые работы». Успех этой деятельности в полной мере определяется умением своевременно сконцентрировать необходимое число квалифицированных специалистов в нужном месте и нацелить на качественное решение поставленных задач.

Процессы децентрализации управления народным хозяйством и расширения экономической самостоятельности территориально-государственных образований с развитием реформ резко активизировались. В этих условиях региональная энергетическая политика призвана обеспечить реализацию на рыночных началах выбранной стратегии развития энергетики России и важнейшего ее направления – энерго-сбережения в интересах как государства в целом, так и его частей – субъектов федерации и муниципальных образований.

В общем виде ситуация в энергетической сфере выглядит так: в условиях реформирования экономики, спада производства, массовых неплатежей и государственного и рыночного регулирования тарифов на электроэнергию увеличивается зависимость от объемов ввозимых энергоресурсов, растут выплаты (дотации) из бюджета, снижается уровень жизни населения.

Краткая характеристика Алтайской энергосистемы

Электроснабжение Алтайского края и Республики Алтай осуществляется Западно-Сибирским предприятием магистральных электрических сетей ФСК ЕЭС, филиалом «Алтайэнерго» ОАО «МРСК Сибири» (13 производственных отделений), Алтайским КГУП МЭС «Алтайкрайэнерго», ООО «Барнаульская сетевая компания», МУП коммунальных электрических сетей «Заринская горэлектросеть», МУП «Горэлектросети» г. Горно-Алтайска. В электроснабжении принимают участие ОАО «Российские железные дороги», промышленные предприятия.

Ситуация усугубляется большой степенью износа оборудования. В среднем по краю она составляет 65–70 % (филиал «Алтайэнерго» – 68,1 %, АКГУП КЭС «Алтайкрайэнерго» – 68 % , ООО «Барнаульская сетевая компания» – 54 %).

Общая протяженность электрических сетей всех напряжений – около 86 тыс. км.

Покрытие нагрузки потребителей осуществлялось следующим образом:

– генерация БФ «Кузбассэнерго»	
– БТЭЦ-2	229 МВт;
– БТЭЦ-3	360 МВт;
– генерация ведомственных ТЭЦ	38 МВт;
– генерация ООО «Бийскэнерго»	372 МВт;
– генерация ТЭЦ ОАО «Алтай-кокс»	85 МВт;
– сальдо-переток	836 МВт.

На надежность электроснабжения Алтайской энергосистемы в значительной степени влияет ее дефицитность. Дефицит мощности в часы максимума нагрузок в 2012 г. составлял порядка 800 МВт или около 40 %.

Дефицитность энергосистемы в целом приводит к проблемам в электроснабжении отдельных районов.

На территории края эксплуатируются станции с общей установленной электрической мощностью 785 МВт и установленной тепловой мощностью 3133 Гкал/час. На данных электростанциях эксплуатируются 46 котлов, из них 28 котлоагрегатов, энергетический износ основного оборудования которых составляет примерно 60–70 %.

Обеспечение энерго-теплопотребления в крае и дальнейший ресурс эксплуатации оборудования могут поддерживаться за счет все более возрастающих физических объемов ремонтно-восстановительных работ.

Характерным является отсутствие потребителей с концентрированной нагрузкой (мощности), которых можно использовать как операторов системной противоаварийной разгрузки при внезапном дефиците мощности.

В связи с отсутствием мощных генерирующих центров в масштабе страны (дефицит мощности 45–70 % большую часть года) перетоки мощности между Уралом, Сибирью и Казахстаном отрицательно влияют на уровни напряжения в прилегающих сетях и шунтирующих транзитах (не выполняется регламент ЭСО для потребителей по параметрам качества электроэнергии).

В «малой энергетике» ситуация по износу не лучше. На территории Алтайского края и Республики Алтай зарегистрировано 11171 потребителей тепловой энергии. В Алтайском крае всего 3224 котельных, из них 2611 котельных участвуют в теплоснабжении социальной сферы и жилого фонда. На них установлены 5071 котла общей мощностью 6848 Гкал, в том числе 811 – паровых и 4260 – водогрейных. Из общего количества, 4610 работают на угле, 190 – на газе, 11 – на дизельном топливе, 67 – на мазуте, 52 – на дровах, 141 – электрические котлы. В общем составе преобладают маломощные котлы производительностью менее 1 Гкал/час, которые вырабатывают около 60 % от общей выработки тепла. Большинство малых котельных не имеют установок «химводоочистки», что сокращает срок эксплуатации котлов с проектных 20–25 лет до 2–5 лет.

Автором использованы данные Алтайского РДУ.

К проблемам и рискам в электроэнергетике, по мнению Алтайского РДУ, относятся следующие факты.

Отмечая успешную реконструкцию подстанции «Власиха» (замена 2АТ на большую мощность), значительно повысившую надёжность системы энергоснабжения и увеличившую пропускную способность данного системного узла, нельзя не сказать о оставшихся проблемах.

Величина передаваемой мощности в Республику Алтай в настоящее время близка к пределу. Дальнейшее развитие региона без развития сетевого строительства или ввода генерирующих мощностей невозможно (исторический максимум 105 МВт сопровождался недопустимым снижением напряжений, приходилось вводить ограничения).

Электроснабжение Рубцовского узла при потере связи с ПС Рубцовская обеспечивается не более чем на 30 % (потребление узла 250–280 Мвт), то есть без проекта, предусматривающего наличие каналов связи и современной противоаварийной автоматики, нельзя исключить ограничения потребителей, в том числе ответственных.

Необходимо заниматься снижением энергозатрат.

Мероприятиями по улучшению ситуации являются:

- системное внедрение и использование компенсирующих устройств (реакторов, БСК);

- для исключения ограничения потребителей при превышении «допустимых перетоков» необходимо системное внедрение современных средств противоаварийной автоматики;

- экономический эффект очень велик из-за увеличения пропускной способности сечений и исключения отказов в выдаче технических условий на присоединение к сети. Уровень потерь активной энергии из-за «недокомпенсации» реактивной соизмерим с величиной в группе

точек поставки стоимости «отклонений» при покупке на рынке электроэнергии;

- проведение качественной и своевременной ремонтной компании с заменой энергетического оборудования на основании диагностической инструментальной работы,

- работа аккредитованных центров по промышленной безопасности и энергоаудита.

Цели и намерения энергосервисных компаний

Целью деятельности любой энергосервисной компании является получение прибыли и экономия бюджетных средств, расходуемых на энергоресурсы в Алтайском крае, сдерживание роста тарифов. Одновременно со сдерживанием тарифов должно осуществляться повышение качества обслуживания, в том числе в малой муниципальной сфере, частном жилом секторе.

Поставленная цель достигается путем внедрения уже имеющихся и новых инновационных проектов в электроэнергетике, энергосберегающих технологий после их соответствующей проверки и необходимой доработки. Привлечение новых технологий осуществляется из числа уже существующих разработок отраслевой науки, наукоемких технологий, разработанных для других отраслей промышленности.

Ключевым условием развития энергосбережения в стране является создание экономической среды, в которой оно становится рентабельным. Необходимо помнить и о энергобезопасности проектов и их «долголетии».

Основной компонентой программы энергосбережения любого предприятия является внедрение автоматизации. Считается, что до 50 % энергосберегающего потенциала сосредоточено в автоматизации технологических процессов любого предприятия. Оптимизация производства, транспорта и потребления энергоресурсов возможна только за счет применения автоматизированных систем мониторинга и управления.

Кроме этого, для снижения «энергозатратности» необходимо внедрение стандартов, технических регламентов, нормативов, которые создали бы экономические стимулы для инвестиций и инноваций.

Оценку новых требований предполагается осуществлять на основе государственной экспертизы проектной документации и результатах инженерных изысканий, строительного надзора, согласования проектной документации, допуска в эксплуатацию, негосударственной системой «СРО».

Принятый ФЗ № 261-ФЗ уделяет большое значение энергетическим обследованиям.

Принципиально и положение о том, что бюджетные финансовые средства на реализацию энергосберегающих проектов и мероприятий выделяются на основе энергопаспорта и энергоаудита, проведенного компанией, имеющей допуск и аккредитацию в СРО.

Закон об энергосбережении прописывает стимулы «сзади»: ряд обязательных требований по энергоэффективности и обязательному страхованию ответственности за соответствие вводимых в эксплуатацию домов по энергетической эффективности и, что чрезвычайно актуально, устанавливает ряд правил предоставления субсидий из федерального бюджета в целях софинансирования программ по энергосбережению. В ЖКХ энергосбережение является необходимостью, а основными заинтересованными сторонами – управляющие компании. Чем больше разница между стоимостью приобретённых энергоресурсов и стоимостью оказанных услуг, тем рентабельней компания.

Проблемные риски энергосервисных компаний

К сожалению, данный закон принят под действием наших естественных монополистов в энергетике, в частности была пролоббирована поправка к первой редакции Закона о энергосбережении, разрешающая проводить энергоаудит организациям, осуществляющим регулируемую деятельность (энергоэффективность «унтер-офицерской вдовы»). Хотя известно, что до 30% потерь происходит именно в сетевых компаниях.

Указывая ранее такие проблемы электроэнергетики, как низкая пропускная способность и, как следствие, большая потеря электроэнергии а, значит, и увеличение отпускной цены потребителю, нельзя не упомянуть о высокой величине потерь электроэнергии при её передаче по сетям. Стоимость потребляемой электроэнергии состоит из стоимости покупаемого на рынке, тела тарифа и стоимости сетевого трафика своего уровня напряжения, сбытовой надбавки. Известно, что сетевой трафик больше «средневзвешенной» цены рынка примерно в 2,5 раза (для уровня НН). Узаконивание данных потерь происходит только при предоставлении сетевыми компаниями внедряемых энергосберегающих мероприятий, с включением этих затрат в общую стоимость сетевого трафика (данная процедура происходит в комитете по ценообразованию Администрации края), причём данные затраты также входят в цену «котлового» тарифа. Вот где, казалось бы, поле деятельности для инноваций и прямой деятельности энергосервисных компаний. Но перенесенный на нашу землю английский метод RAB-доходности, видимо, не приживается, исходя из того, что эта составляющая стоимости электроэнергии существенно меняться не собирается. По-

ребитель не в состоянии обеспечить быструю и желательно стопроцентную прибыль акционерам или инвесторам.

Принятый закон № 354 также аффилирован и соответствует тезису: «потребитель платит за всё».

Правительство обязало установить «общедомовой учёт» за счёт потребителя, то есть на рынок потребитель идет со своими весами. Вторым «логичным» шагом будет для уменьшения ОДН замена счётчиков предыдущей компании с классом 1,0 на «интеллектуальные» для организации одновременного съёма всех потребителей, сведения баланса, организации система мониторинга и диспетчеризации энергоресурсов М&Т, что позволит применить гибкую оптимизацию применения тарифного меню при изменении тарифного регулирования со стороны ЭСО и рынка электроэнергии. Установив «общедомовой» учёт, сетевые компании уйдут от принципа защиты цены сетевого трафика по нормативам потребления к фактическим, что должно привести к его снижению.

Исходя из принятого раздела «Постановления Правительства РФ № 442 от 4 мая 2012 г, а именно: «4. Федеральной антимонопольной службе:

- по согласованию с Министерством энергетики Российской Федерации, Федеральной службой по тарифам и Министерством экономического развития Российской Федерации в месячный срок разработать и представить в Правительство Российской Федерации критерии отнесения сетевых организаций к сетевым организациям, созданным на базе сетевых хозяйств промышленных предприятий и иных организаций и оказывающим услуги по передаче электрической энергии таким предприятиям (организациям);

- по согласованию с Министерством экономического развития Российской Федерации, Федеральной службой по тарифам и Министерством энергетики Российской Федерации в 3-месячный срок разработать примерные договоры купли-продажи электрической энергии (энергоснабжения) с потребителями».

Появляется надежда, что пресловутые, принятые 20 лет назад 4–6 % потери из-за повсеместно установленных приборов учёта по техническим сложностям, не на границе балансовой принадлежности (то есть, в то время копейки, а сейчас приличные суммы), наконец-то станет дифференцированным из-за различной длины и сечения питающих кабелей, а главное – прозрачным и рассчитанным энергоснабжающими организациями, исходя из публичности договоров энергоснабжения.

Приходится констатировать, что энергообследование и энергоаудит превращаются в формальную паспортизацию (ранее это в бюджете называлось лимитированием). Интересно, кто-нибудь из государственных мужей объективно просчитывал экономический эффект затраченных средств и те, планируемые Минэкономразвития, 3 % снижения потребления ТЭР?

Проблемным риском является отсутствие необходимой финансово-экономической схемы для реализации энергоэффективных, окупаемых с тем или иным сроком проектов.

Малозатратные, энергоаудиторские, режимно-наладочные, организационно-технические работы по снижению потерь ТЭР с достижением безусловного эффекта не требуют усиленного менеджмента. К примеру, практика перераспределения «сверхнормативного» потребления на «безучётного» потребителя не стимулирует сетевые компании к энергосбережению. Энергоаудит с определением факта потребления и составлением баланса по всей технологической цепочке, а ещё лучше, постоянный мониторинг в виде автоматизированной системы в руках биллинговой сетевой управляющей компании, с договорно предоставляющей фактические данные всем участникам от выработки до потребления (обязательно присутствие бюджетного) – оптимальная система снижения издержек. Затраты на эффективные проекты энергосбережения настолько велики, что нигде в мире не предусматривают основным источником их финансирования бюджеты различных уровней. Для решения проблемы эффективно только государственно-частное партнерство, когда государством вводятся такие правила функционирования бизнеса, при которых вложение собственных или привлеченных средств становится выгодным для частных компаний. Такие компании могут предоставлять многочисленные услуги энергосервиса – устанавливать и обслуживать счетчики энергоресурсов и необходимые устройства для регулирования их потребления, различные энергосберегающие устройства и системы (например, устройства регулирования производительности насосов, тепловой энергии и др.).

Для привлечения частных инвестиций в энергосбережение бюджетной сферы требуется создать условия для заключения энергосервисного контракта, по которому расчёт за выполненные работы должен производиться из полученной при этом экономии оплаты стоимости энергоресурсов. Экономической и юридической целесообразностью этого является существующая система «перекрёстного» субсидирования и регулирования тарифов ТЭР государством. Логическое следствие – должны быть федеральные и местные финансовые преференции из государственного бюджета на энергоэффективные проекты.

Для этого нужно принять законодательно «Положение об организации услуг энергосервиса для учреждений бюджетной сферы», с учётом вложенных государством средств в регулирование тарифов и «перекрёстного субсидирования. Хотя это проблематично в силу принимаемых бюджетов с дефицитом и «соглашения между бюджетным учреждением и главным распорядителем бюджетных средств о переводе средств со статьи на статью и возможности расчёта с новой статьи сметы расходов бюджетного учреждения».

Энергоремонтный бизнес

Техническое перевооружение предприятия позволяет автоматически перейти на более эффективный и экономический уровень работы, что является современным требованием к энергосистемам. В ближайшие годы можно прогнозировать рост рынка энергоремонтных услуг, связанных как с продолжением физического старения, так и стремлением к уменьшению доли ТЭР в себестоимости производства.

Независимая энергосбытовая деятельность

Интересно и положение в энергосбытовом бизнесе:

– сложность в регистрации «Группы точек поставки» электроэнергетики на рынке в НП «АТС» для новых «ЭСК» после установленного РАО ЕЭС «статуса-кво» в пользу аффилированных компаний АО-энерго и АО-сбытов, в виде института «Гарантированного поставщика»;

– без системы перекрёстного субсидирования, при существенном регулировании тарифов и установлении «сбытовой надбавки» государством, Гарантированные поставщики – потенциальные банкроты (ситуация усугубляется кассовыми разрывами и отсутствием кредитов из-за малых залоговых активов);

– по принятому регламенту, если исполнение функций ГП становится невозможным, то данный статус переходит соответствующей сетевой организации, к сетям которой присоединены потребители;

– в перспективе сетевой бизнес будет поглощён МРСК, имеющей большие активы, чем региональные сети.

Последствия:

– институт Гарантированного поставщика не дееспособен и излишний, так как не способен выполнить возложенные на него государством задачи;

– в данный момент на рынке отсутствует конкурентное поле.

Парадоксальные выводы сегодняшнего дня:

– при существующих тенденциях интересен бизнес защиты интересов потребителя (консалтинг при заключении договоров, ставящих целью снижение стоимости оплаты потреблённых энергоресурсов при неизменном объёме потребления);

– инвестирование или участие в работах по малой и нетрадиционной энергетике, ориентированной на создание сети потребителей, максимально использующих эти мощности и возможность «мирного сосуществования» с сетями Кржижановского;

– создание ЭСК или оказание биллинговых услуг, с учётом необходимости конкуренции и перспективного поступательного развития экономики общества;

– в связи с ослабленностью здоровья энергослужб предприятий увеличить услуги сервиса ПНР;

– возможное участие в создании информационных систем по снижению издержек предприятий всех форм собственности и деятельности;

– чрезвычайно актуальны разделы «Постановления Правительства РФ № 442 от 4 мая 2012 г.:

«Федеральной службе по тарифам, Министерству экономического развития Российской Федерации, Министерству энергетики Российской Федерации и Федеральной антимонопольной службе в 3-месячный срок разработать и представить в Правительство Российской Федерации предложения о внесении изменений в нормативные правовые акты об осуществлении органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации в области государственного регулирования тарифов контроля за соблюдением гарантирующими поставщиками Правил определения и применения гарантирующими поставщиками нерегулируемых цен на электрическую энергию (мощность).

Федеральной службе по тарифам по согласованию с Министерством экономического развития Российской Федерации, Министерством энергетики Российской Федерации и Федеральной антимонопольной службой до 1 августа 2012 г. утвердить методические указания по расчету сбытовой надбавки гарантирующих поставщиков, в том числе определяющие порядок расчета сбытовых надбавок в виде формулы для группы (подгрупп) "прочие потребители" исходя из размера доходности продаж гарантирующих поставщиков, дифференцированного по группам (подгруппам) потребителей, и параметров деятельности гарантирующих поставщиков, а также размер доходности продаж гарантирующих поставщиков.

Федеральной службе по тарифам в 3-месячный срок привести свои нормативные правовые акты в соответствие с настоящим постановлением.

Министерству энергетики Российской Федерации по согласованию с Министерством экономического развития Российской Федерации:

– в 4-месячный срок разработать и утвердить методические указания по определению и применению коэффициентов совмещения максимума потребления электрической энергии при определении степени загрузки вводимых после строительства объектов электросетевого хозяйства;

– в 6-месячный срок привести в соответствие с настоящим постановлением правила разработки и применения графиков аварийного ограничения режима потребления электрической энергии и использования противоаварийной автоматики.

Министерству экономического развития Российской Федерации, Федеральной службе по тарифам, Министерству энергетики Российской Федерации, Федеральной антимонопольной службе и Министерству финансов Российской Федерации до 1 января 2013 г. разработать и представить в Правительство Российской Федерации проекты нормативных правовых актов, касающихся вопросов решения проблемы перекрестного субсидирования на розничных рынках».

Реквизиты для справок: 656002, Россия, Алтайский край, г. Барнаул, ул. Воровского, д. 140, кв. 2, директор ООО «Энергетическая промышленная компания – АС» В. Г. Афанасьев – e-mail: epc_as@mail.ru, тел. +7(385-2) 61-20-26.

УДК 621.31

СИСТЕМА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ ГОРОДА БАРНАУЛА КАК ИНСТРУМЕНТ РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЯ

Е. А. Баранчугов
Россия, Алтайский край, г. Барнаул,
ООО «Корпоративные системы»

Краткий анализ ситуации в инженерных сетях г. Барнаула

В настоящее время коммунальные сети города Барнаула представляют собой сложные многоуровневые системы, которые требуют постоянных затрат на их эксплуатацию, обслуживание и ремонт. Кроме естественного старения, с развитием городского хозяйства коммунальные сети становятся сложнее и, как следствие, менее надежными. Это связано с увеличением количества узлов, в которых могут произойти сбои, приводящие к аварийным ситуациям.

Данные выводы подтверждаются имеющейся новостной статистикой (рисунок 1).



Рисунок 1

Только за последние 3 года произошли следующие серьезные аварии на сетях водопровода:

- 16 марта 2011 г. Крупная коммунальная авария в Барнауле – без воды остались 70 000 горожан.
- 13 сентября 2011 г. Авария на Барнаульском водоканале лишила водоснабжения 15 жилых домов и детский сад на улице Георгия Исакова.
- 25 декабря 2012 г. Потоп на Потоке – затопило несколько улиц.
- 7 февраля 2013 г. Барнаульский водоканал ликвидировал аварию на водоводе по адресу Павловский тракт, 227.
- 9 апреля 2013 г. В Барнауле произошел порыв водовода в районе ул. 42 Краснознаменной бригады. Под отключение попали два девятиэтажных дома, а также 230 частных домов.
- 7 августа 2013 г. По адресу: ул. Интернациональная, 322 было зафиксировано повреждение водопровода. Для того чтобы устранить данное повреждение, потребовалось отключить от холодного водоснабжения многоэтажные дома по улицам Интернациональной, Кутузова, Челюскинцев, Пролетарской, пер. Прудскому.
- 22 октября 2013 г. В Барнауле произошел порыв водовода. Под отключение холодного водоснабжения попадает часть Железнодорожного, часть Октябрьского и часть Ленинского районов.

Здесь перечислены только самые известные резонансные чрезвычайные ситуации. Точные данные о произошедших авариях, которые не попали в колонки новостей, к сожалению не публикуются.

Так же не опубликованы и точные данные о стоимости ущерба, нанесенного городской казне вышеуказанными и другими авариями в городских коммунальных сетях, но даже по самым скромным оценкам это десятки, а то и сотни миллионов рублей.

Пути снижения аварийности

Для улучшения работы инженерных сетей и снижения аварийности, кроме затрат на текущий и капитальный ремонт, проводится усиление служб эксплуатации городского коммунального хозяйства, а это приводит к существенному увеличению постоянных затрат городского бюджета.

Одним из наиболее эффективных решений для выхода из сложившейся ситуации является создание автоматизированных систем мониторинга и диспетчеризации объектов коммунального хозяйства. При правильной реализации такие системы позволяют не только оперативно фиксировать и предупреждать о возникших авариях, но и предотвращать их. Это достигается за счет автоматизированного оперативного сбора и анализа широкого спектра параметров инженерных сетей. На основании собранных данных современные системы мониторинга способны отслеживать деградирующие системы и заранее предупреждать о возможной аварии.

Например, отслеживая тренд давления в сетях водопровода можно обнаружить незначительную утечку до того как она приведет к образованию серьезного порыва. Автоматическое перекрытие задвижек при резких скачках давления в сетях также предотвращает серьезные аварии, которые могут потребовать оперативного реагирования большого числа коммунальных и аварийных служб для ликвидации последствий.

Таким образом, создание системы автоматизированного мониторинга является одним из самых эффективных способов повышения надежности функционирования существующих коммунальных систем города. Способность предотвращения аварий дает существенную экономию ресурсов и бюджетных средств на их ликвидацию, то есть является ресурсосберегающим решением.

Описание проекта системы технологического мониторинга коммунальных сетей г. Барнаула

В 2011 г. в рамках создания Общегородского информационно-диспетчерского центра (ОИДЦ) комплексной автоматизированной системы «Безопасный город – ГЛОНАСС – ЕДДС 112» разработан

проект «Системы технологического мониторинга городских сетей теплоснабжения, электроснабжения, водоснабжения, водоотведения и газоснабжения г. Барнаула».

Система предназначена для организации технологического мониторинга городских коммунальных сетей, которая обеспечивает передачу, обработку и хранение данных о технологических параметрах в центре сбора данных ОИДЦ и формирование отчетов, оперативно отражающих текущее состояние инженерных систем города на автоматизированных рабочих местах (АРМ).

Техническим заданием определены основные цели создания системы технологического мониторинга:

- мониторинг и предупреждение существующих угроз объектам жилищного фонда, городского хозяйства, местам массового пребывания граждан и социально значимым объектам;

- мониторинг городских систем теплоснабжения, водоснабжения, электроснабжения, центральных тепловых пунктов (ЦТП) с целью оперативного выявления аварий и предотвращения чрезвычайных и кризисных ситуаций;

- автоматизация процессов управления и координации деятельности экстренных городских служб и служб ЖКХ в рамках предупреждения и ликвидации последствий аварийных ситуаций.

Система технологического мониторинга представляет собой программно-аппаратный комплекс включающий оборудование диспетчеризации, телекоммуникационное оборудование, серверы сбора, обработки и хранения данных, программное обеспечение для визуализации данных и формирования отчетов. Структура системы мониторинга представлена на рисунке 2.

На схеме обозначены объекты мониторинга, центральный диспетчерский пункт ОИДЦ и диспетчерские организации, заинтересованные и участвующие в мониторинге объектов коммунального хозяйства г. Барнаула. Связь между объектами организовывается с помощью существующих телекоммуникационных сетей (ТКС) указанных организаций. ТКС соединяются в ОИДЦ, где дополнительно предусматриваются мероприятия по обеспечению безопасности и надежности передачи данных.

АРМ диспетчера ОИДЦ обеспечивает решение в автоматизированном режиме следующих задач:

- оперативный мониторинг режимов работы всех систем ЖКХ и жизнеобеспечения города;

- контроль систем отопления, ГВС и ХВС, систем водоотведения;

- контроль систем газоснабжения;

- мониторинг работы ЦТП;
- сбор и хранение данных технологических параметров контролируемых объектов;
- обнаружение и визуализация аварийных и нештатных ситуаций в городских системах ЖКХ;
- анализ текущих параметров и предупреждение о возможных аварийных ситуациях.

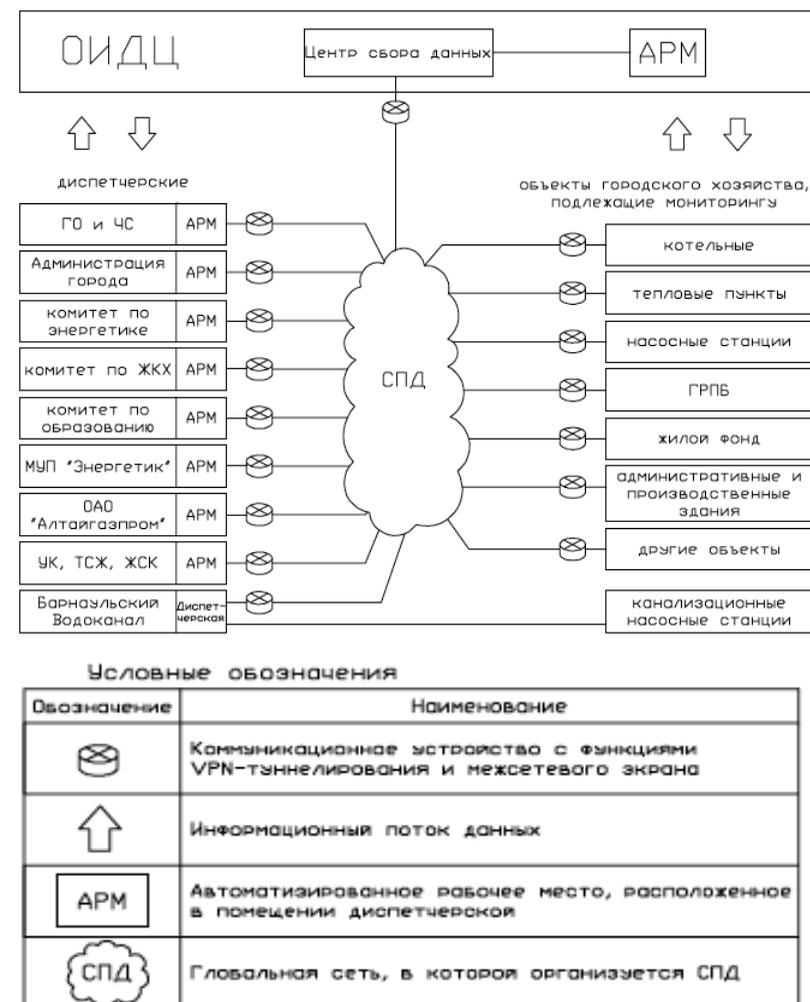


Рисунок 2 – Общая структурная схема системы мониторинга

АРМы других диспетчерских служб получают ограниченный доступ к данным в зависимости от выполняемых ими задач. Ограничение могут устанавливаться как по видам контролируемых объектов, так и по типу предоставляемых данных.

Связь осуществляется по протоколу TCP/IP по защищенным каналам связи (VPN), организуемым в существующих сетях связи подключаемых организаций и глобальной сети Интернет.

Проектом предусмотрено подключение существующих диспетчерских систем коммунальных организаций г. Барнаула. Сбор данных о состоянии оборудования выполняется существующими локальными диспетчерскими пунктами, с которых данные передаются в центр сбора данных ОИДЦ по защищенным каналам связи.

Принцип работы системы технологического мониторинга

Система технологического мониторинга является распределенной системой и состоит из верхнего, среднего и нижнего уровней. Структурная схема организации решения представлена на рисунке 3.

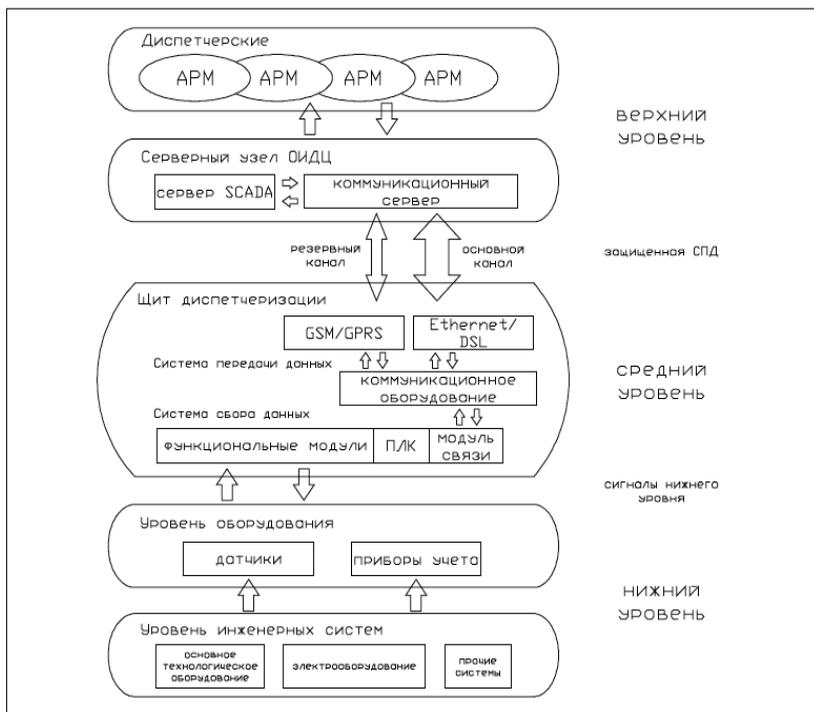


Рисунок 3 – Структурная схема инженерного решения технологического мониторинга

Нижний уровень системы включает в себя датчики, сенсоры и приборы учета. Датчики устанавливаются непосредственно на контролируемом инженерном оборудовании и сетях.

Средний уровень реализуется в щите диспетчеризации, в котором устанавливаются контроллеры ПЛК со вспомогательным оборудованием для сбора и обработки данных, поступающих с нижнего уровня, а также оборудование для передачи данных на центральный ОРС-сервер.

К верхнему уровню относятся серверы и ПК центра сбора данных ОИДЦ, АРМы диспетчеров, ПО сбора, хранения и обработки данных, SCADA-системы визуализации и представления данных.

Контроллеры (ПЛК) обеспечивают первичный сбор данных о работе контролируемых объектов, а также получение данных центральным сервером с заданной периодичностью.

Собранная воедино информация систематизируется и посредством специализированного ПО объединяется в графически отражаемый отчет о работе систем в реальном режиме времени. При возникновении аварийных ситуаций информация отображается на АРМе диспетчера ОИДЦ, отправляются уведомления по электронной почте и СМС, включается соответствующая звуковая и световая сигнализация, а также сигналы передаются в диспетчерские соответствующих аварийных и коммунальных служб города.

Система мониторинга строится с учетом резервирования всех основных узлов и каналов передачи данных. Таким образом, выход из строя отдельного модуля системы не приводит к потере контроля за системой в целом.

Более подробное описание системы технологического мониторинга коммунальных систем города Барнаула и ее отдельных компонентов приведено в проектной документации и данной статьей не рассматривается.

Примеры реализации аналогичных систем

Система технологического мониторинга объектов коммунального хозяйства в масштабах города является достаточно сложной с технологической точки зрения задачей, для решения которой требуются организации и специалисты с уникальными знаниями и навыками, как в области построения автоматизированных систем, так и в области коммунального хозяйства. Однако задачи подобного уровня уже решаются в Алтайском крае, причем, силами местных специалистов.

На этапе сдачи в эксплуатацию находится система диспетчерского управления (СДУ) объектов инженерной инфраструктуры особой экономической зоны туристско-рекреационного типа «Бирюзовая Катунь», расположенная в Алтайском районе Алтайского края. СДУ

включает в себя более 30 силовых трансформаторных и силовых подстанций электроснабжения 10/0.4 кВ, 13 канализационных насосных станций, 7 водонапорных станций, канализационные очистные сооружения, инженерную инфраструктуру искусственного наливного водоема, комплексы зданий производственно-эксплуатационной базы и пожарного депо.

На главной мнемосхеме СДУ ОЭЗ ТРТ «Бирюзовая Катунь» отображены объекты инженерной инфраструктуры с условной географической привязкой (рисунок 4). Применена цветовая кодификация состояния объекта: зеленый цвет означает нормальное состояние всех контролируемых параметров объекта, желтый – деградацию параметров, красный – аварийную ситуацию.

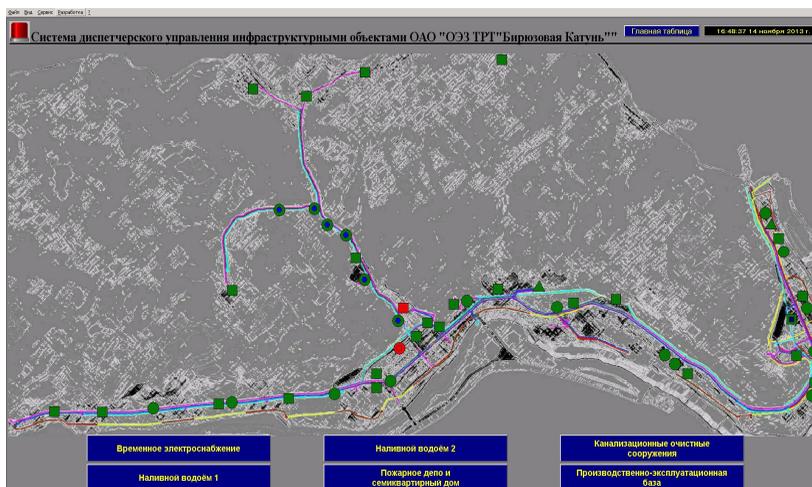


Рисунок 4 – Главная мнемосхема СДУ объектов инженерной инфраструктуры ОЭЗ ТРТ «Бирюзовая Катунь»

Также с главной мнемосхемы можно перейти к системам диспетчеризации инженерного оборудования канализационных очистных сооружений, оборудования искусственных наливных водоемов, ПЭБ и пожарного депо.

Кроме того, для удобства восприятия информации объекты могут быть представлены в табличном виде (рисунок 5).

Просмотр параметров контролируемых объектов производится после выбора требуемого объекта, при этом раскрывается его подробная мнемосхема.

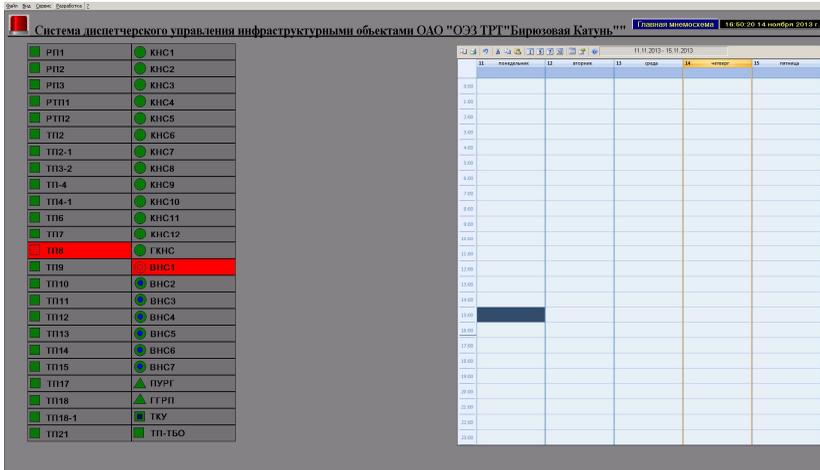


Рисунок 5 – Главная таблица СДУ

Например, мнемосхема канализационной насосной станции приведена на рисунке 6.

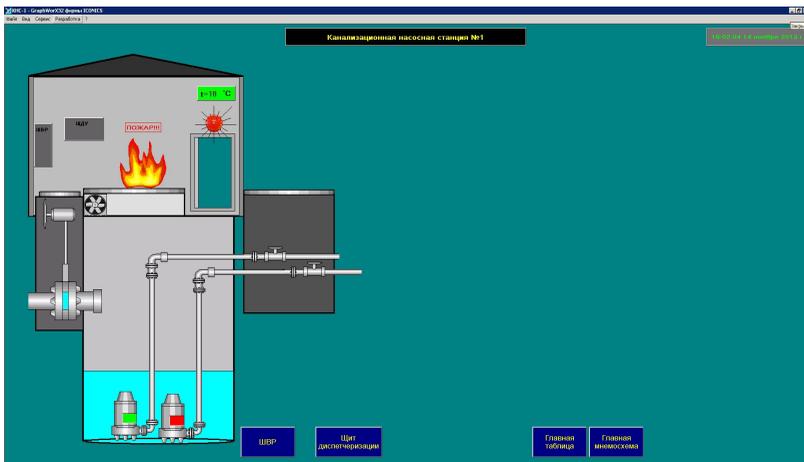


Рисунок 6 – Мнемосхема КНС

На мнемосхеме отслеживаются уровень канализационных стоков, состояние задвижек, работоспособность насосов, состояние питающих

сетей и электрооборудования, сигналы пожарной и охранной сигнализации и т. п. При выходе контролируемых параметров за установленные пределы извещается диспетчер, который может предпринять соответствующие действия для предотвращения аварийной ситуации либо для скорейшего устранения последствий.

Пример мнемосхемы трансформаторной подстанции 10/0.6 кВ приведен на рисунке 7.

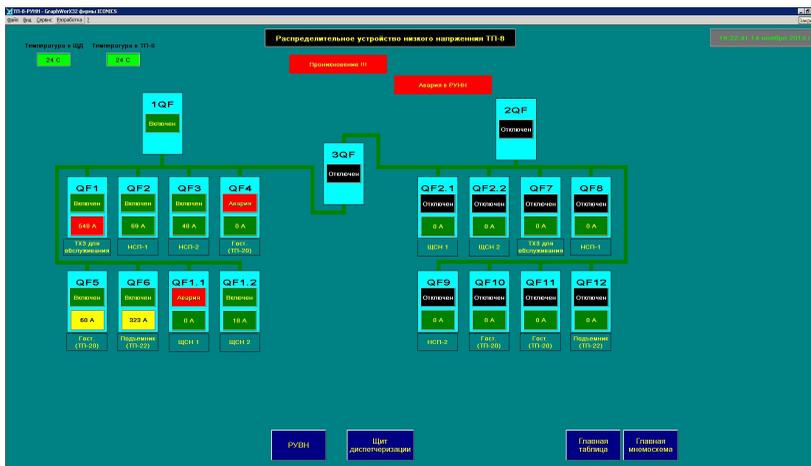


Рисунок 7 – Мнемосхема СДУ РУНН подстанции 10/0.4 кВ

СДУ трансформаторных и распределительных подстанций электроснабжения 10/0.4 кВ позволяют не только контролировать параметры электроснабжения, состояние автоматических выключателей и силовых трансформаторов, но и производить удаленное управление аппаратурой включения/отключения нагрузок.

Выводы

Внедрение системы технологического мониторинга коммунальных систем г. Барнаула является своевременным шагом, технически и экономически оправданным. Развертывание подобных систем является одной из главных составляющих комплекса решений, обеспечивающих надежную и безаварийную работу коммунальных сетей города (района, предприятия).

Кроме того, функциональные возможности автоматизированных систем мониторинга позволяют предупреждать возможные аварийные ситуации, что дает значительную экономию ресурсов и средств городского бюджета.

Список использованных источников

1. РД 50-34.698-90 «Автоматизированные системы. Требования к содержанию документов».
2. ГОСТ 34.003-90 «Автоматизированные системы. Термины и определения».
3. ГОСТ 19.101-77 «Виды программ и программных продуктов».
4. ГУ МЧС России по Алтайскому краю, «В Барнауле ликвидируют последствия порыва водовода: аварийный участок трубы изолирован, проведена напрессовка» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.22.mchs.gov.ru> (Дата обращения 01.11.2013 г.)
5. АМИК, «Барнаульский Поток "смыло" потопом: движение затруднено» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.amic.ru/news/203482/> (Дата обращения 01.11.2013 г.)
6. Частное представление, «Крупная коммунальная авария в Барнауле – без воды остались 70 000 горожан» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vragi-naroda.net/?p=1332> (Дата обращения 01.11.2013 г.)
7. SKY24, «Водоканал ликвидировал коммунальную аварию в Барнауле» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://sky24.ru/sites/default/files/news/truba_1 (Дата обращения 01.11.2013 г.)
8. ПОЛИТСИБ.РУ, «Коммунальщики устранили порыв на водопроводе в Барнауле раньше планового срока» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://politsib.ru/news/63440> (Дата обращения 01.11.2013 г.)
9. VIP-BARNAUL, «Водоснабжение восстановлено практически во всех домах Баранула» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.vip-barnaul.ru/index.php?option=com_k2&view=item&id=6287:vodosnabzhenie-vosstanovleno-prakticheskivo-vsex-domax-baranula&Itemid=143 (Дата обращения 01.11.2013 г.)

Реквизиты для справок: 656056, Россия, Алтайский край, г. Барнаул, ул. Никитина, 27, ООО «Корпоративные системы», генеральный директор Е. А. Баранчугов, e-mail: bea@csys.ru, тел./факс: 8(385-2)20-07-00 / 20-07-02

СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ РЕГИОНА И ГОРЭЛЕКТРОТРАНСПОРТЕ. ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ

А. В. Синеев

Россия, Алтайский край, г. Барнаул,
ООО «Компания ТРИВОНТ»

Передача по сети реактивной мощности (РМ) вызывает затраты активной энергии и отнимает часть пропускной способности линий, при этом нарастает число отключений потребителей, увеличивается вероятность аварийного отключения потребителей из-за перегрузки ЛЭП и трансформаторов подстанций потоками реактивной мощности, отсутствует возможность присоединения новых потребителей (увеличения мощности присоединенных) [1].

Решая названные проблемы, регулирование РМ, кроме того обеспечивает необходимое качество электрической энергии [2].

Проведенная технико-экономическая оценка эффективности повышения коэффициента мощности $\cos(\varphi)$ в муниципальных распределительных сетях Барнаула показала, что повышение коэффициента мощности в электрических сетях 10(6)–0,4 кВ Барнаульской сетевой компании на 0,1 приведет к экономии в электроэнергии в объеме 49×10^3 МВт·ч. Кроме того, ожидается годовая суммарная экономия: 32 % за счет снижения технических потерь, 57 % за счет снижения ущербов от перерывов электроснабжения потребителей, 7 % за счет снижения амортизационных отчислений и 3 % за счет снижения отчислений на ремонт и обслуживание трансформаторов [3].

Практический опыт использования систем компенсации РМ в электросетях регионов РФ позволяет сделать однозначный вывод о необходимости использования систем компенсации РМ в городских распределительных сетях 0,4–10 кВ. Так в 2012 г. в результате внедрения 25 конденсаторных установок суммарной мощностью 15,5 МВАр в Южных электросетях филиала ОАО «Дальневосточная распределительная сетевая компания» «Приморские электрические сети» был получен экономический эффект в 2,6 млн. руб. только за счет снижения потерь электрической энергии.

Компанией разработана модель системы компенсации РМ действующей энергоструктуры города: энергетическая сетка. Поскольку основные узлы энергообеспечения города закольцованы, то, устанавли-

вая в этих узлах конденсаторные установки, удастся компенсировать РМ во всей энергосистеме города (рисунок 1).

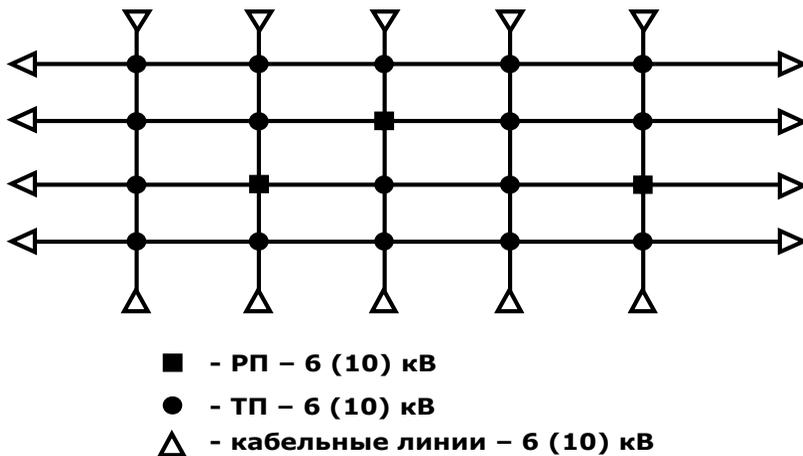


Рисунок 1 – Энергетическая сетка городской электрической сети

В тяговых сетях горэлектротранспорта, имеющих свою особенную структуру, также назрела необходимость повышения качества электроснабжения и снижения технических потерь. Предлагаемое решение проблемы – установка устройств компенсации реактивной мощности на тяговых подстанциях на стороне 0,66 кВ по технологическим и инженерным критериям является инновационным. Оно позволяет экономить до 30 % электроэнергии. На каждой тяговой подстанции предлагается устанавливать комплектные автоматически регулируемые конденсаторные установки. При возникновении на линии пиковой нагрузки, например, разгона трамвая, конденсаторная установка берет на себя компенсацию этой нагрузки, не вызывая перегрузок в питающей сети, а распределяя нагрузку равномерно во времени [3].

Проведенные на тяговых подстанциях г. Барнаула и г. Бийска инструментальные исследования позволяют оценить технико-экономические результаты: высвобождение мощностей присоединения (порядка 300–500 КВА), годовая экономия от 1 до 2 млн. руб., экономия за счет повышения надежности примерно 20 млн. руб.

Вывод: компенсация РМ позволяет получить максимальный эффект экономии электроэнергии при минимальных затратах и является оптимальной технологией как для электросетевых компаний в условиях нулевого роста тарифов, так и для городского электротранспорта в

условиях ограниченного городского бюджета. Предложенные мероприятия по компенсации РМ могут явиться внутренним ресурсом региона, который позволит высвободить финансовые средства для направления их на инвестиционные цели.

Список использованных источников:

1. Железко, Ю. С. Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях [Текст] / Ю. С. Железко, А. В. Артемьев, О. В. Савченко. – М. : Изд-во НЦ ЭНАС, 2002. – 208 с.

2. Паули, В. К. Компенсация реактивной мощности как эффективное средство использования электроэнергии [Текст] / В. К. Паули, Р. А. Воротников // Энергоэксперт. –2007. – № 2. – С. 25–27.

3. Синеев, А. В. Расчет экономической эффективности компенсации реактивной мощности в муниципальных распределительных и тяговых сетях горэлектротранса [Текст] / А. В. Синеев / Сборник докладов 3-й Научно-практической конференции по энергосбережению. – Барнаул : Комитет по энергетике Алтайской ТПП, 2010. – С. 12–15.

Реквизиты для справок: 656057, Россия, Алтайский край, г. Барнаул, ул. Интернациональная, 11, ООО «Компания ТРИВОНТ», директор А. В. Синеев – e-mail: sineev@zeros.ru, тел. +7(385-2)63-39-85.

Памяти Олега Ивановича Хомутова

8 октября 2012 г. на 62-м году жизни скоропостижно скончался доктор технических наук, профессор кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий» АлтГТУ, заслуженный работник высшей школы, ректор ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова» Олег Иванович Хомутов.

О. И. Хомутов родился 1 июня 1951 года в городе Барнауле Алтайского края.

В 1968 году Олег Иванович окончил школу с золотой медалью и поступил в Алтайский политехнический институт на механико-технологический факультет по специальности «Электроснабжение промышленных предприятий, городов и сельского хозяйства». С отличием окончив обучение, в 1973 году он был приглашен на работу ассистентом кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий» (ЭПП).

В 1974 году Олег Иванович поступил в очную целевую аспирантуру при кафедре «Электрические машины» Челябинского института механизации и электрификации сельского хозяйства (ЧИМЭСХ). В период обучения в институте и в аспирантуре занимался исследованиями в области надежности электрических машин. В 1977 году успешно окончил аспирантуру, защитив кандидатскую диссертацию на тему «Исследование эксплуатационной надежности электродвигателей в условиях комплексов крупного рогатого скота». В этом же году вернулся в АПИ и продолжил работу сначала ассистентом кафедры ЭПП, а затем старшим преподавателем и доцентом этой кафедры. В 1980 году ему было присвоено ученое звание доцента. С 1979 года по 1982 год О. И. Хомутов работал заместителем декана энергетического факультета АПИ.

Исследования в области надежности электрических машин после защиты кандидатской диссертации были продолжены. В 1988 году по приглашению профессора А. А. Пястолова поступил в докторантуру ЧИМЭСХ на кафедру «Электрические машины». В 1991 году успешно защитил докторскую диссертацию, тема которой связана с разработкой и созданием системы технических средств и мероприятий по обеспечению надежности электрооборудования. До конца 1991 года работал профессором кафедры «Электрические машины» Челябинского агроинженерного университета (ранее ЧИМЭСХ).

С января 1992 года по февраль 2011 года Олег Иванович возглавлял кафедру электроснабжения промышленных предприятий АлтГТУ. В июне 1992 года был назначен проректором по учебной работе

АлтГТУ. В сентябре 1993 года ему было присвоено ученое звание профессора.

В 1993 году по инициативе О. И. Хомутова при АлтГТУ был создан институт повышения квалификации и переподготовки кадров, учредителем которого явились Министерство общего и профессионального образования Российской Федерации и Администрация Алтайского края. В институте ведется подготовка и переподготовка специалистов более чем по 40 специальностям и направлениям.

С 1996 года О. И. Хомутов являлся руководителем и координатором ряда международных научно-образовательных проектов и программ («TEMPUS», «TACIS», «REAP» и др.) в области университетского менеджмента. Зарубежными партнерами технического университета в этих программах являются ведущие вузы Великобритании, США, Германии, Нидерландов.

За большой вклад в подготовку и переподготовку специалистов в 1998 году О. И. Хомутов был избран членом-корреспондентом Сибирского отделения академии наук высшей школы (СО АН ВШ).

Много сил и внимания Олег Иванович уделял издательской деятельности университета. При его непосредственном участии в АлтГТУ учреждены и издаются научные журналы «Ползуновский вестник», «Ползуновский альманах», «Вестник АлтГТУ», заместителем главного редактора которых он являлся.

В 2000 году Олегу Ивановичу присвоено почетное звание «Заслуженный работник высшей школы Российской Федерации». В 2003 году он был избран действительным членом Международной академии наук высшей школы.

Работая в должности проректора по учебной работе, а затем первого проректора университета, проректора по развитию и ректора, Олег Иванович занимался решением широкого круга задач, связанных со стратегией развития вуза, координацией деятельности кадровых и финансовых структур АлтГТУ, консорциума «Университеты Алтая», созданием и практической реализацией системы менеджмента качества, совершенствованием системы бюджетирования, обеспечивающей внедрение современных инновационных технологий в учебный процесс и сферу научных исследований, координацией международной деятельности университета в рамках трансграничного сотрудничества.

Под научным руководством О. И. Хомутова защищено 3 докторских и 9 кандидатских диссертаций. Он являлся членом диссертационных советов по защите докторских и кандидатских диссертаций по специальностям 05.20.02 – «Электрооборудование и электротехнологии в сельском хозяйстве», 05.11.13 – «Приборы и методы контроля

природной среды, веществ, материалов и изделий». За годы плодотворной научной работы им опубликовано около 300 научных работ, в том числе 14 монографий, получено 17 авторских свидетельств и патентов, 4 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Заслуги Олега Ивановича были высоко оценены Администрацией Алтайского края. В 2002 и в 2007 годах О. И. Хомутов становился лауреатом премии Алтайского края в области науки и техники. Главой Администрации Алтайского края в 2006 году Олег Иванович был награжден благодарственным письмом за успешное выполнение заданий Государственного плана подготовки управленческих кадров для организаций народного хозяйства Российской Федерации. В 2008 году О. И. Хомутов стал лауреатом премии Правительства Российской Федерации в области образования.

Олег Иванович Хомутов являлся членом Ассоциации инженерного образования России, а также входил в состав Совета по науке, наукоёмким технологиям и инновационному развитию при Алтайском краевом Законодательном Собрании. С 2010 года О. И. Хомутов был председателем Общественного совета управления администрации Алтайского края по государственному регулированию цен и тарифов.

Деловые и душевные качества, ответственность за порученное дело, работоспособность снискали Олегу Ивановичу искреннее уважение коллег, аспирантов и студентов.

Оргкомитет конференции и редакционная коллегия сборника статей выражают глубокие соболезнования родным, близким и друзьям Олега Ивановича Хомутова.

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ.
АЛТАЙ – 2013**

**Сборник статей I Международной
научно-технической конференции**

Издано в авторской редакции

Подписано в печать 25.11.2013. Формат 60×84 1/16.
Печать – цифровая. Усл.п.л. 8,14.
Тираж 100 экз. Заказ 2013 – 502

Издательство Алтайского государственного
технического университета им. И. И. Ползунова,
656038, г. Барнаул, пр-т Ленина, 46,
<http://izdat.secna.ru>

Лицензия на издательскую деятельность
ЛР № 020822 от 21.09.98 г.

Отпечатано в типографии АлтГТУ,
656038, г. Барнаул, пр. Ленина, 46,
тел. : (8-3852) 29-09-48

Лицензия на полиграфическую деятельность
ПЛД № 28-35 от 15.07.1997 г.



Конференция посвящена памяти
действительного члена Международной
академии наук высшей школы,
Заслуженного работника высшей
школы Российской Федерации,
лауреата премии Правительства
Российской Федерации
в области образования,
доктора технических наук,
профессора, ректора АлтГТУ
Хомутова Олега Ивановича

