



Издательский дом «Вся электротехника»

ЭНЕРГОЭКСПЕРТ

информационно-аналитический журнал

ISSN 2075-6518



9 772075 651807 >

№ 3 (26)

2011

Бесплатная электронная версия журнала предоставлена компанией



ОАО СВЕРДЛОВСКИЙ ЗАВОД
ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА

Другие номера журнала на сайте редакции:

24 Накопители электрической энергии

20 Полимерные изоляторы
нового поколения

34 Возможность применения
технологии FACTS
на электростанциях

38 Как оценить эффект
использования проводов
с повышенной пропускной
способностью?

46 Управляемый
шунтирующий реактор
нового поколения

52 Применение вольтодобавочных
трансформаторов
в распределительных сетях
0,4 кВ ОАО «МРСК Центра»

62 Расчет эксплуатационной
надежности электродвигателей

68 Интеллектуальные измерения
на службе энергосбережения





ОГРАНИЧИТЕЛИ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ СЕРИИ ОПН-РК-35(110) УХЛ1

ТЕХНОЛОГИИ И КАЧЕСТВО МИРОВОГО УРОВНЯ
ПО ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОЙ ЦЕНЕ



- инновационные высокоградиентные варисторы EPCOS нового поколения с повышенной пропускной способностью 680 А
- цельнолитая изоляция, изготовленная с применением новейшей технологии литья жидкой силиконовой резины (Liquid Silicon Rubber)
- градиентное компьютерное комплектование варисторами для улучшения защитных характеристик и повышения устойчивости при квазистационарных перенапряжениях
- дополнительная внутренняя изоляция, полученная путем обливки варисторных блоков расплавленным полимером под давлением
- мультибарьерная система герметизации внутреннего пространства ОПН
- высокая гидрофобность изоляции в течении всего срока службы, даже в условиях сильных загрязнений
- низкая материалоемкость конструкции и высокая технологичность изготовления позволяют минимизировать затраты при сохранении высокого качества комплектующих



ОТ РЕДАКТОРА

Спросите у любого школьника, сдавшего ЕГЭ, что такое электрическая энергия, и он даст четкий и недвусмысленный ответ, как написано в учебнике или, на худой конец, в Википедии. С годами и высшим образованием эта простая мудрость куда-то уходит, и вот уже люди, семи пядей во лбу, причисляющие себя к клану мыслителей, начинают расходиться во мнении и яростно спорить, правильно ли раскрыт термин «электрическая энергия», ведь, помимо физики, есть еще юриспруденция, торговля, философия, и там она будет толковаться иначе. Является ли электрическая энергия товаром в обычном понимании этого слова или это особый объект гражданских прав и особый вид имущества? Или под электроэнергией следует понимать определенные действия (деятельность), которые по своей гражданско-правовой природе относятся к числу услуг либо работ? А может, электроэнергия – это вещь, лишенная материального субстрата, и ее надо отнести к категории «бестелесного имущества»?

Так или иначе, всем понятно, что электрическая энергия представляет собой ценность, которая способна выступать в качестве предмета возмездных сделок. Иными словами, электроэнергией торгуют, причем все больше и она становится все дороже. Но ее отличительной особенностью от всех остальных видов товаров является то, что ее производство, распределение и потребление осуществляются практически в один и тот же момент времени – ее нельзя хранить. В больших количествах, разумеется. Потому что немного электроэнергии все-таки может храниться в так называемых накопителях электроэнергии. Апробированные и перспективные технологии аккумулирования электрической энергии и стали главной темой этого номера. Как знать, может быть через какие-то три тысячи лет в маленьком спичечном коробке... Жаль только, что мы этого не увидим.

Счастливого!

Виктор ПОСОШКОВ,
главный редактор

SIEMENS





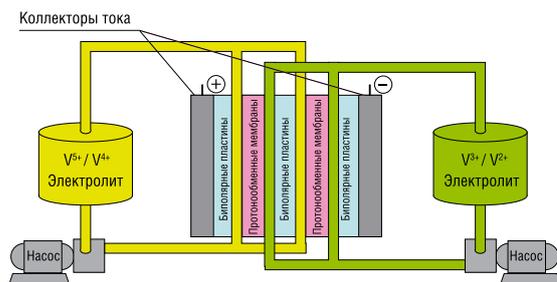
Для устойчивого развития нужно больше чем просто технологии

Вот почему «Сименс» находит ответы для будущего – для людей, для бизнеса, для окружающей среды.

В 1884 году Вернер фон Сименс заявил: «Я не стану рисковать будущим ради сиюминутной выгоды». Этой философии мы следуем и сегодня. Наши газотурбинные установки, утилизируя попутный газ, решают вопросы экологии в Сибири, системы автоматизации и безопасности зданий дарят комфорт жителям Санкт-Петербурга и Екатеринбурга, скоростные

поезда сокращают расстояние между Москвой и Нижним Новгородом, а высокотехнологичные ПЭТ-центры обеспечивают раннюю диагностику заболеваний в Челябинске, Магнитогорске и Тюмени.

Мы даем ответы на самые сложные вопросы современности – для будущего.



Сторона положительного электрода $V^{3+} \leftrightarrow V^{2+} + e^-$
Сторона отрицательного электрода $V^{3+} + e^- \leftrightarrow V^{2+}$



■ БЫТЬ В КУРСЕ

- 6 НПП ЭКРА: 20 лет на передовых рубежах энергетики
- 8 Картинки с XVIII ежегодной выставки «Энергетика и электротехника» в Санкт-Петербурге
- 12 Кимал Юсупов: «Возобновляемая энергетика не конкурент традиционной, но может органично ее дополнить»
- 14 Возобновила работу секция АИИС КУЭ научно-технического совета ЕЭС
- 16 Вступили в силу новые типовые нормы бесплатной выдачи средств индивидуальной защиты в электроэнергетике
- 20 Полимерные изоляторы нового поколения
Интервью с вице-президентом Производственного объединения «Форэнерго» Юдановым Е.А.
- 22 Уникальные промышленные разъемы ДКС

■ ТЕМА НОМЕРА

- 24 Накопители энергии. *Попель О.С., Тарасенко А.Б.*

В обзоре рассмотрены апробированные и перспективные технологии аккумулирования электрической энергии. Кратко описаны принципы действия различных накопителей, указаны существующие и перспективные сферы их применения. Сделан вывод о необходимости тщательного учета влияния различных факторов на выбор накопителя для конкретного применения.

■ ТЕОРИЯ

- 34 Возможность применения технологий FACTS на электростанциях. *Макаровский С.Н., Подъячев В.Н.*

В мировой электроэнергетике наметилась устойчивая тенденция к внедрению технологий FACTS в электрических сетях электроэнергетических систем (ЭЭС). От их применения ожидается улучшение управляемости электрических режимов ЭЭС, более полное использование потенциальной пропускной способности электрических сетей и как следствие повышение надежности электроснабжения потребителей. Но технологии FACTS могут быть полезны и для электростанций, утверждают авторы.

- 38 Оценка эффективности использования в электрических сетях проводов с повышенной пропускной способностью. *Непомнящий В.А.*

В статье доказывается, что применение высокотемпературных композитных проводов для повышения надежности и пропускной способности электрических сетей 220–110 кВ не всегда однозначно дает положительный эффект и требует серьезных технико-экономических обоснований, учитывающих как наиболее влияющий технико-экономический фактор, вопросы надежности электроснабжения потребителей и ущерб от нарушений их электроснабжения.

- 46 Управляемый шунтирующий реактор нового поколения. *Булыкин П.Ю., Кочкин В.И., Кубарев Л.П., Федосов Л.Л.*

УШРТ в составе ИРМ обеспечивает плавное с высоким быстродействием регулирование мощности устройства, а входящие в состав ИРМ конденсаторные батареи позволяют расширить диапазон регулирования до 80 Мвар от 30 Мвар потребления до 50 Мвар генерации реактивной мощности. В настоящее время ИРМ, установленные на ПС 220 кВ Когалым и Прогресс, работают без замечаний, стабилизируют напряжение на шинах 110 кВ в соответствии с уставками Тюменского РДУ.

Бесплатная электронная версия журнала предоставлена компанией



Другие номера журнала на сайте редакции:

■ ПРАКТИКА

52 Применение вольтодобавочных трансформаторов в распределительных сетях 0,4 кВ в ОАО «МРСК Центра». Рыбников Д.А.

Применение вольтодобавочных трансформаторов не является основным направлением в построении распределительной сети 0,4–10 кВ, но занимает свой сегмент в общем объеме. По оценкам специалистов ОАО «МРСК Центра» ВЛ-0,4 кВ с ВДТ могут занимать 1–2 % от всего количества ВЛ-0,4 кВ. Исходя из накопленного опыта эксплуатации, данное техническое решение крайне необходимо в определенных случаях работы эксплуатирующей организации.

54 Учебно-исследовательский полигон АСУ электроустановок. Гусев Ю.П., Поляков А.М., Трофимов А.В.

Представлен опыт разработки и создания специализированного центра подготовки персонала для проектирования, наладки и эксплуатации объектов интеллектуальных электроэнергетических систем. Рассматривается техническое оснащение центра с АСУ электрооборудованием электростанций и подстанций на базе современных микропроцессорных программно-технических комплексов.

59 Открытое письмо по СОПТ техническим специалистам ОАО «ФСК ЕЭС». Антонов Л.Е.

Автор утверждает, что новый стандарт организации «Руководство по проектированию систем оперативного постоянного тока (СОПТ) ПС ЕНЭС. Типовые проектные решения», утвержденный ОАО «ФСК ЕЭС», не может способствовать улучшению качества проектной продукции и принесет вреда больше, чем пользы.

62 Оценка технического состояния и расчет эксплуатационной надежности электродвигателей. Назарычев А.Н.

В отличие от крупных электродвигателей, маломощные двигатели, как правило, не оснащаются никакими средствами диагностики и мониторинга (температурный контроль, вибродиагностика и т.п.), а схемы управления ими не имеют модулей контроля тока, поэтому на сегодняшний день единственный способ оценки их показателей надежности – аналитические методы расчета на основе применения различных математических моделей.

68 Интеллектуальные измерения на службе энергосбережения. Новиков В.В.

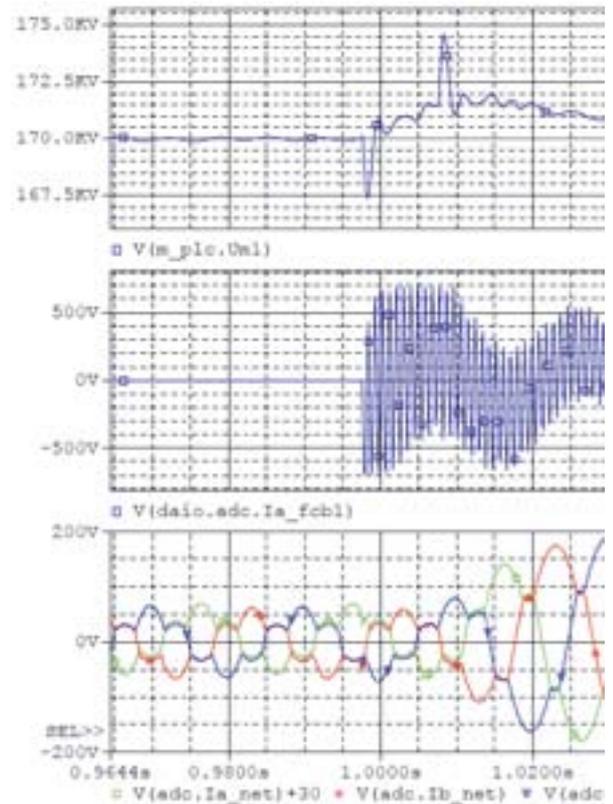
В нашей стране продвижение технологий «умных» счетчиков происходит при активном участии правительства. Основой для этого служит Федеральный закон от 23.10.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности». В нем отражена главная мысль, что экономия энергетических ресурсов невозможна без надлежащего учета. В законе не содержится конкретного определения или перечня приборов, которые необходимо использовать для учета электроэнергии, воды, тепла и газа. Однако, принимая во внимание сложность поставленной задачи, для ее решения потребуются именно «умные» счетчики энергоресурсов.

72 Объединение информационных и операционных технологий для создания эффективной интеллектуальной сети. Карлос А. Ромеро

В статье автор объясняет, почему объединение информационных и операционных технологий жизненно необходимо для успешного внедрения новых технологий в рамках интеллектуальной сети.

■ ЛИЧНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

78 Календарь актуальных событий на сентябрь 2011 г.



НПП «ЭКРА»: 20 ЛЕТ НА ПЕРЕДОВЫХ РУБЕЖАХ ЭНЕРГЕТИКИ

В июне 2011 года научно-производственное предприятие «ЭКРА» провело научно-практическую конференцию, посвященную 20-летию предприятия.

Основная цель конференции – анализ современного состояния систем РЗА, эксплуатируемых или внедряемых в электрических сетях ЕЭС России, обмен опытом и обсуждение вопросов технического обслуживания и технического перевооружения систем РЗА.

В работе конференции приняли участие более 150 представителей субъектов электроэнергетики практически из всех регионов России, а также из Казахстана, Узбекистана и Украины. Среди них были специалисты ОАО «ФСК ЕЭС», ОАО «СО ЕЭС», ОАО «Холдинг МРСК», генерирующих компаний, региональных филиалов проектных организаций – Инженерных центров энергетики Урала, Поволжья, Южного ИЦЭ, Сибирского НТЦ, институтов «Энергопроект» (г. Москва), «Интерэлектроинжиниринг» (г. Иваново), СПбАЭП, ВНИИАЭС и мно-

гих других, предприятий различных отраслей промышленности, наладочных организаций и научных кругов.

В ходе работы конференции прозвучали доклады: «Опыт эксплуатации аппаратуры РЗА НПП «ЭКРА» на объектах ОЭС Сибири. Концепция построения комплексов защит ВЛ 500 кВ на базе аппаратуры НПП «ЭКРА» (Филиал ОАО «СО ЕЭС» – ОДУ Сибири), «Опыт проектирования и эксплуатации шкафов ШЭ2607 НПП «ЭКРА» в филиале ОАО «МРСК Северо-Запада» – «Вологдаэнерго» (Филиал ОАО «МРСК Северо-Запада» «Вологдаэнерго»), «Внедрение микропроцессорных устройств РЗА в энергосистеме Кубани. Достижения и проблемы» (Филиал ОАО «СО ЕЭС» – Кубанское РДУ), «Опыт внедрения и эксплуатации оборудования НПП «ЭКРА» в Татарской энергосистеме» (Филиал ОАО «СО ЕЭС» – РДУ Та-

тарстана), «Опыт применения защит НПП «ЭКРА» на Смоленской АЭС» (Филиал ОАО «Концерн Росэнергоатом» – «Смоленская АЭС»), «Особенности применения систем плавного пуска высоковольтных двигателей в нефтяной промышленности» (ООО «Энергосистема», г. Ноябрьск) и другие. Наибольший интерес вызвали темы докладов по основным защитам линий 110–220 кВ и 330–750 кВ, а также выступления об опыте комплексного проектирования, внедрения и оснащения энергообъектов с применением всего спектра оборудования, выпускаемого НПП «ЭКРА».

Для участников конференции была проведена демонстрация работы автоматизированного комплекса OMICRON для проверки и тестирования первичного и вторичного оборудования, а также организована экскурсия по предприятию.

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ НПП "ЭКРА"
АКТУАЛЬНО-ПРОФЕССИОНАЛЬНО-НАДЕЖНО

Россия, 429003, г. Чебоксары, пр. И. Яковлева, 3
Тел./факс: (8352) 220-110 (инкогнал), 220-130 (диспетчерская)
E-mail: ekra@ekra.ru, http://www.ekra.ru

ЭКРА



Комплектная трансформаторная подстанция КТП(К) 35/6(10)/0,4 «Тайга». Полная заводская готовность от одного производителя.



Сейсмостойкая комплектная трансформаторная подстанция в металлическом блок-модуле КТП(К) 6(10)/0,4 «ТАЙГА» с возможностью подпора воздуха мощностью до 2500 кВа.



Автоматизированная дизельная электростанция ДЭСК «ТУНДРА» мощностью до 1600 кВт.



Полный цикл конструкторской разработки и производства электротехнического оборудования с использованием комплектации ведущих мировых производителей: «Schneider Electric», «ABB», «Siemens» и др.

КАРТИНКИ С XVIII ЕЖЕГОДНОЙ ВЫСТАВКИ «ЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА» В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

С 17 по 20 в Санкт-Петербурге в выставочном комплексе «Ленэкспо» с успехом прошла XVIII международная специализированная выставка «Энергетика и Электротехника – 2011». Как и планировалось, в ней приняли участие крупнейшие отечественные и зарубежные игроки электротехнического рынка. Было представлено новейшее оборудование для электроснабжения предприятий и сетей. Все это увидели тысячи посетителей, представлявших компании, закупающие оборудование. Предлагаем читателям зарисовки нашего корреспондента – так сказать, «картинки с выставки».

В рамках выставки «Таврида Электрик» стала первой компанией, представившей интеллектуальную сеть в действии. Стенд «Таврида Электрик» представлял собой макет реальной схемы электроснабжения распределительной сети – с воздушными и кабельными линиями, центрами питания, диспетчерской и потребителями, а также оборудованием, обеспечивающим надежность и эффективность данной сети. Первое, что видели посетители стенда – диспетчерский пункт, с которого каждый посетитель мог дистанционно управлять сетью и получать данные о ее состоянии.

Два источника питания имитировали подстанция, оснащенная КРУ D-12 и высоковольтным вакуумным выключателем ВВ/TEL, и распределительный пункт на базе КСО серии

«Новация» и вакуумного выключателя ВВ/TEL до 1000 А. От каждого источника питания отходили воздушные линии, образовавшие кольцевую сеть с двумя секционирующими реклоузерами и одним реклоузером ввода резерва.

В составе «умной сети» также была представлена новинка – сверхбыстродействующий вакуумный выключатель ВВ/TEL серии Q для систем БАВР с выдающимися характеристиками – собственное время включения коммутационного аппарата составляет не более 22 мс, а собственное время отключения – не более 8 мс. Таких показателей удалось достичь за счет новизны, примененных как при разработке самого выключателя, так и при разработке блока управления специального исполнения. Чтобы

показать интеллектуальную сеть в действии, была реализована возможность имитации повреждений в сети – каждый посетитель мог, нажав на специальную кнопку, устроить короткое замыкание и увидеть, как отработает сеть при аварии. На глазах у посетителей происходило выделение поврежденного участка, ввод резервного источника питания, работа быстродействующего АВР – и все это в автоматическом режиме без участия человека.

Группа Компаний «Электроцит» показала на выставке свое самое перспективное оборудование. Возле большого информативного стенда постоянно находилось много заинтересованных посетителей, представители Группы Компаний отвечали на их вопросы и предоставляли необходимую информацию.



Интеллектуальная сеть в действии на стенде «Таврида Электрик»



КРУ СЭЦ®-70 и ВВН СЭЦ® производства ЗАО «ГК «Электроцит» – ТМ Самара»

Бесплатная электронная версия журнала предоставлена компанией



Другие номера журнала на сайте [www.svs.ru](#) акции:



Концерн «Высоковольтный союз»: вакуумный выключатель класса 110 кВ с одним разрывом на фазу серии ВРС-110 и комплектное распределительное устройство класса 35 кВ с элегазовой изоляцией серии КУ-35С

На стенде были представлены:

- комплектные распределительные устройства СЭЩ-70 и КРУС-75;
- вакуумные выключатели ВВМ, ВВН и ВВУ;
- автоматические выключатели ВА-СЭЩ;
- широкая линейка силовых и измерительных трансформаторов;
- разъединители;
- другое электротехническое оборудование напряжением 0,4–220 кВ.

КРУ СЭЩ-70 – одна из последних разработок группы «Электроцит» в направлении распределительных устройств. Ячейка имеет верхнее расположение сборных шин, выдвижной элемент в средней части шкафа с выкатыванием на инвентарную тележку. А также удобный доступ к трансформаторам тока и возможность дистанционного управления выдвижным элементом и заземляющим разъединителем посредством электрического привода. Все основные узлы ячейки производятся Группой Компаний «Электроцит», что гарантирует их надежную совместную работу и позволяет использовать СЭЩ-70 на важнейших объектах.

Помимо экспозиционной части в рамках Санкт-Петербургской выставки компания провела пленарное заседание «Стратегия устойчивого развития и повышения надежности электроснабжения потребителей энергоснабжающими организациями». Необходимость обсуждения этих вопросов возникла в связи с

комплексным характером проблемы обеспечения надежности в энергоснабжении и сложности взаимодействия участников этого процесса. Обсуждались приоритетные направления развития энергосистем в целях повышения надежности, техническая политика в развитии сетей, реализация планов развития сетей Санкт-Петербурга и Ленинградской области, тенденции создания оборудования для распределительных сетей, роль общественных организаций в развитии систем электроснабжения и другие темы.

Один из крупнейших в стране концерн «Высоковольтный союз» представил две своих новых разработки:

- Вакуумный выключатель класса 110 кВ с одним разрывом на фазу серии ВРС-110. Аппарат рассчитан на номинальный ток 2500 А и но-

минальный ток отключения 31,5 кА. Выключатель предназначен для установки на вновь возводимых подстанциях, а также для замены истощивших свой ресурс воздушных, маломасляных и других аппаратов на уже существующих подстанциях. Вакуумный выключатель ВРС-110 является хорошей альтернативой широко применяемым в настоящее время элегазовым аппаратам. Его преимущества: высокий коммутационный и механический ресурсы, экологическая безопасность, минимальные эксплуатационные затраты.

- Комплектное распределительное устройство класса 35 кВ с элегазовой изоляцией серии КУ-35С. КРУ серии КУ-35С оснащается вакуумным выключателем серии ВРС-35 и рассчитано на номинальный ток 2500 А и номинальный ток отключения 31,5 кА. В качестве изоляции токоведущих частей использован элегаз. Такое решение позволило создать ячейку с минимальными габаритными размерами в своем классе: ширина ячейки по фасаду составляет 600 или 800 мм в зависимости от номинальных параметров шкафа.

Компания «Электронмаш» представила посетителям свои флагманские продукты. В первую очередь, это низковольтное комплектное устройство «Ассоль», производимое уже много лет с использованием комплектующих самых известных мировых производителей, которое собирается с учетом российских требований и норм. Стоит отметить модульность конструкции, позволяющая создавать широкий спектр электроустано-



Компания «Электронмаш»: низковольтное комплектное устройство «Ассоль» и КРУ «ELTEMA»



Трансформатор Т3R, производства итальянской фирмы-партнера GBE на стенде компании «Электронмаш»



Стенд ЗАО «ОБ»

вок от отдельных щитов автоматики до комплектных трансформаторных подстанций, возможность вариаций разделения функциональных узлов, выполнение работ по обслуживанию оборудования без снятия напряжения со всей установки в целом, что гарантирует безопасность персонала.

Следующий из демонстрировавшихся экспонатов – комплектное распределительное устройство «ELTEMA». Как заявляют производители, КРУ «ELTEMA» по соотношению цены и качества занимает лидирующие позиции на отечественном электротехническом рынке. КРУ производства «Электронмаш» отличаются применением современных технических решений, качеством сборки, надежностью, дизайном.

Выставочный образец шкафа оперативного тока «ExOp» традиционно привлекал большое число посетителей, интересующихся современным оборудованием, помогающим решить проблемы с возможными отключениями питающей сети. Компактное устройство, произведенное с применением только высококачественных комплектующих, способно обеспечить надежность и непрерывность электроснабжения.

Трансформатор Т3R, производства итальянской фирмы-партнера GBE, также экспонировался на выставочном стенде компании «Электронмаш». Трансформаторы Т3R изготовлены в соответствии с системой качества, отвечающей международному сертификату ISO 9001:2000. В системе качества особое внимание уделяется проверке поступаю-

щего материала, контролю процесса и окончательной приемке. Трансформаторы Т3R соответствуют всем российским и международным стандартам, регламентирующим производство сухих трансформаторов.

Пример использования различных видов оборудования в рамках одной подстанции был приведен на трехмерной модели, созданной на основе реального проекта производственного блока. Новый экспонат был представлен впервые и вызвал повышенный интерес у посетителей.

В области коммерческого учета электроэнергии внимание посетителей привлекал стенд ЗАО «ОБ». Компания представила свою новую разработку – Информационно-вычислительный комплекс «СПРУТ» для создания автоматизированных информационно-измерительных систем коммерческого (АИИС КУЭ) и технического (АСТУЭ) учета и мониторинга энергоресурсов (электроэнергия, теплоносители, жидкости, газы) на промышленных предприятиях, объектах бюджетной сферы, энергоснабжения и ЖКХ. Стоит отметить, что ЗАО «ОБ» значительно расширило спектр услуг в области комплексных проектов энергосбережения и повышения энергетической эффективности, предлагая выполнение энергетических обследований, энергоконсалтинг, внедрение единой системы комплексного учета всех видов энергоресурсов, вывод на оптовый рынок электроэнергии и мощности, а также разработку и внедрение систем энергетического менеджмента.

Немецкая компания **MBS AG**, являясь производителем самой большой

в мире номенклатуры низковольтных измерительных трансформаторов тока, совместно со своим генеральным дистрибьютором в России компанией ЭТК «Джоуль», представили на своем стенде новинки 2011 года, среди которых можно упомянуть:

- трансформаторы серии СТВ с пружинными зажимами для монтажа вторичных цепей, применение которых в несколько раз сокращает стоимость и затраты времени на операцию монтажа, упрощает доступ к монтируемому трансформатору;
- трансформаторы серии ССТ с датчиком Холла, предназначенные для измерения постоянного и переменного тока, в том числе и несинусоидального.
- трансформаторы с разъемным сердечником KBR, продолжающие известную серию KBU, но отличающиеся миниатюрными размерами и новым способом крепления непосредственно на токонесящем кабеле.



Трансформатор СТВ производства MBS AG

Бесплатная электронная версия журнала предоставлена компанией



Другие номера журнала на сайте редакции:

Новые серии трансформаторов MBS AG успешно прошли испытания и скоро получают российский сертификат утверждения типа средств измерений.

И завершим наш краткий обзор стендом компании ООО «РТК-ЭЛЕКТРО-М», которая известна в отрасли как поставщик брендов. Официальный представитель ряда заводов-производителей малогабаритных токопроводов и шинопроводов с литой изоляцией напряжением от 0,4 кВ до 35 кВ номинальным током до 12 кА, ООО «РТК-ЭЛЕКТРО-М» является также собственником первого в России завода по производству малогабаритных пофазноизолированных литых токопроводов (запущен в 2008 году). Токопроводы с литой изоляцией позволяют заказчикам значительно сократить расходы, избавившись от будущих затрат на ремонт и обслуживание. Они полностью обеспечивают безаварийность при производстве и распределении электроэнергии. Среди основных преимуществ литых токопроводов следует отметить, прежде всего, пожаробезопасность, небольшие габаритные размеры, высокую перегрузочную способность, степень защиты до IP 68 включительно, минимум обслуживания, длительный срок эксплуатации, в том числе во влажной и агрессивной среде, широкий температурный диапазон (от минус 60 °С до плюс 55 °С) и многое другое.



ООО «РТК-ЭЛЕКТРО-М»: токопроводы с литой изоляцией



Сегодня компания «РТК-ЭЛЕКТРО-М» выполняет полный цикл работ по оснащению любых объектов токопроводами с литой изоляцией,

включая подготовку технического задания, проектирование трасс, разработку и производство токопровода, техническое сопровождение проекта с выездами специалистов на объект заказчика, монтаж, гарантийное обслуживание и сервис.

Выставка «Энергетика и Электротехника», одна из крупнейших в стране и Европе, в этом году, собрав вместе всех специалистов отрасли, прошла на самом высоком уровне.

ВЫСТАВКА

7-9 сентября



ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.

ВОЛГА-2011

ПОДДЕРЖКА:



Министерство промышленности, энергетики и технологий Самарской области



Российское Энергетическое Агентство

ОРГАНИЗАТОР:



МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ ВЫСТАВКИ



БК "Экспо-Волга", г. Самара, ул. Мичурина 23А
Тел./факс: +7 (846) 279-04-89 www.expo-volga.ru



КИМАЛ ЮСУПОВ: «ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА НЕ КОНКУРЕНТ ТРАДИЦИОННОЙ, НО МОЖЕТ ОРГАНИЧНО ЕЕ ДОПОЛНИТЬ»



Электроэнергия во всем мире вырабатывается, в основном, с использованием ископаемого топлива. И эта ситуация не изменится еще несколько десятков лет. Но акцент все больше и больше смещается в сторону возобновляемых источников энергии. Они позволяют сделать производство электроэнергии более экологичным. Насколько активно сегодня используют возобновляемые источники энергии? С таким вопросом мы обратились к директору Департамента «Энергия из возобновляемых источников» компании «Сименс» в России и Центральной Азии Кималу ЮСУПОВУ.

Кимал Юсупов. Источники возобновляемой энергии интенсивно используют в Западной и Восточной Европе, Америке и Канаде, активно применяют в Китае. По уровню развития возобновляемой энергетики лидируют Китай, США, Дания и Германия. В них доля энергии, получаемой из возобновляемых источников, достигает 30–40 %. Сегодня в качестве возобновляемых источников используют энергию ветра, солнца, воды – в том числе, приливов и отливов, геотермальных источников и биомассы. Ветер – один из самых эффективных и популярных ресурсов. Общая мощность всех установленных ветряных генераторов уже превысила барьер в 100 ГВт.

Энергоэксперт. *Какие экономические выгоды приносит использование возобновляемой энергии?*

К.Ю. На текущем этапе развития технологий одиночное использование возобновляемой энергетики исключено. Пока возможна только комбинация с традиционными источниками энергии. Но бесспорно, что с внедрением

большого количества регенеративных источников общая стоимость энергопотребления будет падать. Ведь в то время как стоимость традиционной энергии растет, цена энергии, полученной из возобновляемых источников, стабильно падает. Особенности экономические выгоды получают изолированные географические точки, не включенные в общую энергосистему. Прогнозируют, что в течение ближайшего десятилетия возобновляемые источники энергии смогут конкурировать с традиционными.

ЭЭ. *Каковы экологические преимущества возобновляемых источников энергии?*

К.Ю. Использование возобновляемой энергии имеет большое значение для экологии. Например, если упадет ветряной генератор, единственным ущербом будет повреждение самого генератора. В отличие от атомных установок, он не угрожает распространением радиации. Тепловые электростанции опасны из-за высокого давления пара, экстремального

температурного режима, нагрузки на металл. Даже разрушение одной паровой турбины ведет к гораздо более пагубным последствиям, нежели разрушение солнечной электростанции или повреждение ветровой установки. Для экологии, а самое главное, для жизнедеятельности человека, возобновляемая энергетика представляет минимальную угрозу.

Раньше много говорили о влиянии регенерируемой энергетики на окружающую среду, на животный мир. Сегодня независимыми экспертными организациями проведены различные исследования, из которых очевидно, что с 80-х годов все производители справились с «детскими болезнями» отрасли. Турбины давно не распространяют инфразвук, птицы не гибнут из-за ветропарков. Наглядное подтверждение безопасности – законодательство Европы, в котором нет никаких ограничений по установке ветряных генераторов в жилых районах и рядом с фермами. Негативных влияний на экологическую обстановку не замечено, не производится эколо-

гических выбросов, нет влияний на изменение климата. Это исключительно мирное использование огромного количества природных ресурсов.

ЭЭ. *Какие крупные проекты по полному возобновляемой энергии осуществляются в России и за рубежом?*

К.Ю. Сейчас проводится большой проект Desertec по установке гигантской солнечной электростанции в Сахаре. В нем участвуют все мировые лидеры по установке солнечных электростанций, включая «Сименс». Есть много проектов по созданию оффшорных ветропарков у европейских стран, в том числе в Северном море. Планируется построить большое количество ветропарков в США и Китае. Кроме того, внедряются разработки в области энергии приливов и отливов – у «Сименс» уже есть опыт такого проекта в Шотландии. А совместно с партнерами «Ростехнологии» и «РусГидро», «Сименс» готовится к созданию на территории России производства современных энергетических установок на основе прямого привода.

ЭЭ. *В чем уникальность решений «Сименс» в области регенеративных источников?*

К.Ю. У «Сименс» есть особое преимущество в ветроэнергетике – новая технология производства лопастей. Больше никто в мире не производит лопасти энергоустановок как единое целое. Такая технология увеличивает срок службы оборудования. И, что самое главное, мы начали активно выпускать ветряные установки безредукторного типа, установки прямого привода. На сегодняшний день только три компании выпускают такие установки. За ними, я уверен, будущее. Ветряные установки прямого привода позволяют снижать себестоимость производства, вес турбин, повышать отпуск электроэнергии.

ЭЭ. *Используются ли в России возобновляемые источники энергии?*

К.Ю. В Российской Федерации возобновляемые источники энергии практически не используются. К сожалению, в этой области мы очень сильно отстаем от всех развитых стран. На сегодняшний день у нас 15 МВт установленных мощностей ве-

тропарков, половина из которых уже не работает. Это даже не капля, а молекула в общем объеме производства электроэнергии. А ведь Россия имеет очень большой потенциал в возобновляемой энергии! Одной только энергии от ветряных генераторов может быть достаточно, чтобы перекрыть все традиционные источники. Кроме ветропотенциала, у нас в стране есть возможность использовать солнце, геотермальные источники и малые реки, на которых можно ставить малые гидроэлектростанции.

Предпринимается очень много попыток изменить законодательство, потому что без поддержки государства развитие отрасли невозможно. На недавно прошедшем Петербургском международном экономическом форуме была организована панельная дискуссия на тему развития возобновляемой энергии в Российской Федерации, обсуждали проблемы нормативного регулирования. Государство стало обращать внимание на эту область, поэтому мы надеемся, что в ближайшем времени Россия выйдет на новый уровень развития. Например, уже сейчас прогнозируется, что к 2020 году в Российской Федерации построят до 7 ГВт мощностей ветряных энергетических установок.

ЭЭ. *Какие особые выгоды возобновляемая энергия принесет России?*

К.Ю. Для России возобновляемые источники энергии – это не просто экономическая выгода от установки зеленого из европейских стран оборудования. Использование возобновляемой энергетики принесет в страну новые технологии. Например, новейшая технология «Сименс» в части производства ветроагрегатов – производство установок с прямым приводом готова для внедрения в Российской Федерации. Она окажет большой положительный экономический эффект на страну. Локализация производства приведет к модернизации российских заводов, закупке нового оборудования. Это, в свою очередь, повысит квалификацию специалистов, приведет к созданию новых рабочих мест. Индустриальный сектор перейдет на совершенно другой уровень. Нет сомнений, что развитие возобновляемых источников улучшит положение регио-

нальной промышленности. Заводы по сборке различных компонентов могут быть распределены по всей стране. Зачастую это будут градообразующие предприятия, которым подарят второе дыхание. В региональные бюджеты начнут поступать налоги – наличие создания дополнительных возможностей для регионов.

ЭЭ. *Какие области России имеют наибольший потенциал для использования возобновляемой энергии?*

К.Ю. Что касается ветроэнергетики, порядка 30 регионов Российской Федерации имеют очень хороший потенциал. Отлично подходит для эксплуатации ветряных потоков Дальний Восток, Ленинградская область, весь юг России. Колоссальным потенциалом обладает Краснодарский край, Алтай, Оренбург. Есть много возможностей и для создания морских оффшорных ветропарков, но это уже следующий шаг. Велики перспективы солнечной энергетики: можно задействовать весь юг России, Сибирь, отличающуюся хорошей солнечной иррадиацией. Для создания установок на основе геотермальных источников подходит Камчатка. А малые ГЭС можно устанавливать на множестве небольших рек, встречающихся на всей территории страны.

ЭЭ. *Смогут ли возобновляемые источники энергии конкурировать с российской нефтегазовой промышленностью?*

К.Ю. Ни у государственных органов, ни у производителей в России нет задачи сделать возобновляемую энергетику конкурентом нефтегазовой промышленности. Цель – органично дополнить существующую энергетику этим новым направлением. Использование возобновляемых источников однозначно позволит сохранять газ и нефть, которые сжигаются на электростанциях. Экономленные объемы газа и нефти можно будет продавать, что принесет хорошую прибыль. Также данные технологии позволят многим децентрализованным регионам Российской Федерации существенно экономить на дизельном топливе. Поэтому интеграция возобновляемых источников энергии в энергетику России очень перспективна и экономически выгодна.

ВОЗОБНОВИЛА РАБОТУ СЕКЦИЯ АИИС КУЭ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СОВЕТА ЕЭС

31 мая 2011 г. возобновила свою работу секция Автоматизированного учета электроэнергии и управления электропотреблением Научно-технической Коллегии НП «НТС ЕЭС». Вынужденный перерыв был обусловлен процессом, связанным с ликвидацией ОАО «РАО ЕЭС России» и соответственно проверкой на прочность объективной необходимости существования как самого Научно технического совета ЕЭС, так и секции Автоматизированного учета электроэнергии и управления электропотреблением. На первом заседании секции рассматривался вопрос о роли метрологии в Smart Grid.

Так почему же метрология, и почему вдруг проблемы развития Smart Grid решено было рассмотреть на этой секции, где во главу всегда ставились задачи, связанные с АИИС КУЭ? Именно потому, что это взаимосвязанные процессы, без организации современных технологий организации измерений «Smart metering», к которым АИИС КУЭ по праву и относится, невозможно развивать и реализовывать идеологию так называемых «умных» сетей. Тема эта новая и в настоящее время очень модная. Коллеги из-за рубежа сумели так элегантно преподнести ее, что очень многие решили – с помощью этой модной идеологии можно решить многие, если не все проблемы отечественной электроэнергетики. Бесспорно одно – идеология Smart Grid предполагает применение самых современных средств автоматизации и информатизации производственно-технологических процессов.

Данный вопрос был рассмотрен на примере реализации этой идеологии в ОАО «ФСК ЕЭС». Электросетевой комплекс России переживает не самые лучшие времена. Оборудование электросетей имеет значительный износ, а, следовательно, борьба с перерывами в энергоснабжении, исключить которые при таком состоянии оборудования невозможно, стала главной задачей сетевиков.

Практика «латания дыр», используемая в прежние годы, уже не способна спасти российскую электроэнергетику. Необходима полномасштабная модернизация, причем изношенное оборудование необходимо менять не на аналогичное, а на принципиально новое, инновационное.

Именно в этом контексте идеология Smart Grid и рассматривается как ин-

струмент борьбы с блек-аутами, инструмент достижения современных требований надежности, бесперебойности и качества предоставления услуги по транспорту электрической энергии контрагентам.

В ОАО «ФСК ЕЭС» к этим процессам относятся очень серьезно. Еще одним подтверждением этого стало сообщение бессменного члена секции АИИС КУЭ с 2006 года, представителя этой уважаемой компании **В.Ф. Чернецова**. В его докладе четко сфокусировались все узкие места этой идеологии. Наши зарубежные коллеги при реализации своих пилотных проектов в США, Китае, Канаде, Евросоюзе, Индии, Японии не сосредотачивались на метрологических аспектах, так как в их понимании это настолько обязательный элемент любой технологии, что и заострять на нем внимание нет никакой необходимости. Отсюда и создается мнение, что раз в зарубежных презентациях этого практически нет, то и в России при реализации идеологии Smart Grid метрология и измерения не потребуются. Докладчик убедительно и на примерах многих технологических систем (АИИС КУЭ, АСТУ, РЗА и ПА, АСУ ТП, ТМ, диагностики и др.), обеспечивающих производственные процессы в ОАО «ФСК ЕЭС», показал роль и значение метрологического обеспечения. Именно на основе измеренных результатов, полученных от средств измерений с нормированной точностью, и обеспечивается достоверность и легитимность формирования информационных потоков, на основании которых принимаются те или иные управляющие решения, работают устройства релейной защиты и противоаварийной автоматики и др. устройства.

ФСК ЕЭС и СО ЕЭС активно работают над разработкой концепции развития ин-

теллектуальной электроэнергетической системы России с активно-адаптивной сетью (ИЭС ААС). В ее основных положениях содержится идея новой миссии электроэнергетики как социально- и клиенто-ориентированной инфраструктуры, адекватно отвечающей на внешние, в том числе экологические, вызовы, оценку технического и институционального состояния, цели, приоритеты и средства модернизации электроэнергетики на базе инновационной организационно-технологической платформы.

При этом под модернизацией подразумевается не просто восстановление основных производственных фондов, текущих и инвестиционных активов хозяйствующих субъектов всех звеньев электроэнергетики, но и обеспечение энергетической и экологической безопасности страны, а также повышение энергетической и экономической эффективности за счет интеллектуализации энергетики.

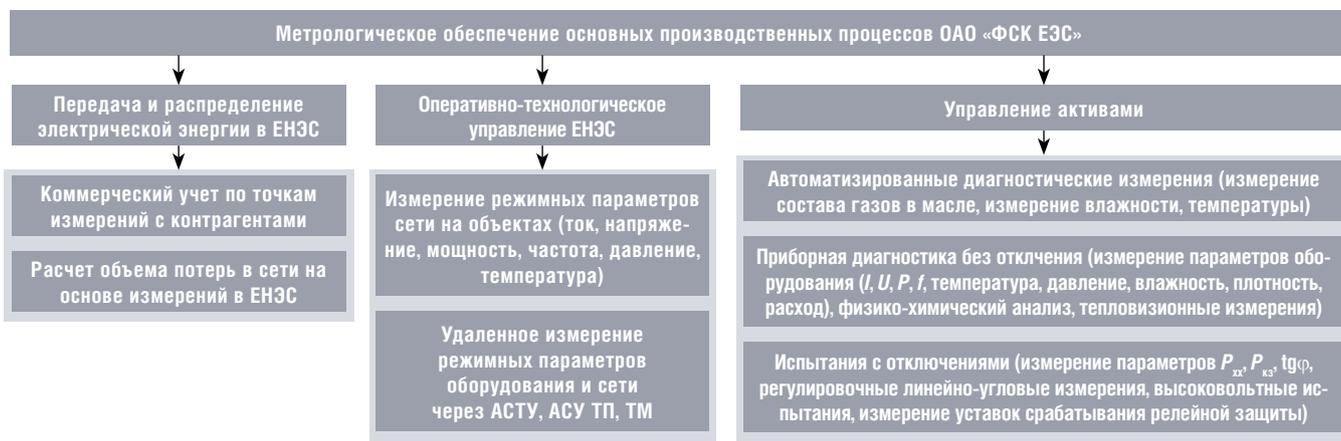
Создание такой системы – это возможность (за счет современных технических средств и новой технологической базы управления функционированием и развитием ИЭС) обеспечить новые свойства и эффекты, в частности:

- повысить надежность и живучесть энергосистемы;
- повысить качество электрической энергии за счет нового уровня управляемости;
- обеспечить современное «цифровое» качество информационного обмена и управления;
- сформировать условия возможности широкого применения аккумулирования энергии;
- обеспечить условия для формирования новых контуров управления в распределительных сетях;

Бесплатная электронная версия журнала предоставлена компанией



Другие номера журнала на сайте редакции:



■ обеспечить оптимизацию используемых первичных энергетических ресурсов и инвестиционных вложений, воспроизводство энергетического потенциала страны.

Также в проекте концепции сформулированы требования по организации измерений и метрологическому обеспечению, без которых даже самые совершенные технические решения по интеллектуализации энергетики превратятся в технологии, которые не обеспечат ожидаемого результата.

Доклад В.Ф. Чернецова вызвал на секции оживленное обсуждение. С докладом выступил **Е.Л. Генгринович**. Он отметил целесообразность продолжения синхронизации проведения работ по метрологическому контролю

(проведению поверок и калибровок СИ) с проведением ремонтов основного оборудования, что, соответственно, влечет за собой планомерную работу с органами Росстандарта по совершенствованию нормативной базы по увеличению сроков межповерочных интервалов СИ. Это связано с тем, что межремонтные интервалы основного оборудования значительно больше, а многократные отключения оборудования для проведения поверок и калибровок СИ приводят к снижению надежности и перерывам электроснабжения. Особенно это актуально для средств измерений, встроенных в основное оборудование (КРУЭ). В этом случае даже технологически невозможно провести работы по метрологическому контролю (прове-

дению поверок и калибровок СИ) без проведения профилактических работ на этом оборудовании.

Безусловно, невозможно обсудить все вопросы и проблемы на одном заседании. Присутствующий на заседании директор Учебного центра НП «Совет рынка» **А.С. Витер** предложил провести по этой и другим темам, связанным со Smart Grid, научно-прикладную конференцию, на которой в серии докладов можно было бы отразить насущные проблемы развития и реализации новой идеологии Smart Grid. Председатель секции **А.В. Покатилов** и все члены секции поддержали это предложение и предложили создать рабочую группу по подготовке конференции.

23 - 25 августа

10-я специализированная промышленная выставка

ТЕХНОЭКСПО

АВТОМАТИЗАЦИЯ. ПРОИЗВОДСТВО. КОНТРОЛЬ. 2011

Организована и проводится при поддержке Министерства промышленности и энергетики Свердловской области

- АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ.
- АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ. ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА. САПР.
- СТАНКИ И ИНСТРУМЕНТ.
- МЕТРОЛОГИЯ И КОНТРОЛЬ.
- ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.

Выставочный центр
СОФИТ-ЭКСПО
Тел: (343) 408-470
www.sofit-expo.ru

БУДЕМ ЖИТЬ ПО-НОВОМУ: ВСТУПИЛИ В СИЛУ НОВЫЕ ТИПОВЫЕ НОРМЫ БЕСПЛАТНОЙ ВЫДАЧИ СИЗ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

В этом году Минздравсоцразвития России обновило «Типовые отраслевые нормы бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты (СИЗ) работникам организаций электроэнергетической промышленности» (далее – «Типовые нормы»).

В разработке данного документа приняли участие специалисты более чем 50 электроэнергетических предприятий, внесшие в совокупности свыше 1000 предложений и поправок. В результате, предыдущая версия «Типовых норм», принятая еще в 2004 году, претерпела весомые изменения.

Значительная часть нововведений касается применения комплектов для защиты от термических рисков электрической дуги. В частности, по просьбе предприятий существенно **расширился перечень профессий, представители которых должны быть обеспечены термостойкими комплектами** – к имеющимся девяти добавлено еще 32, включая рабочие и инженерно-технические. Причем, больше всего – сразу 15 новых специальностей – добавлено в раздел 3 «Гидроэлектростанции». Раздел 1 «Тепловые электростанции...» расширился с двух до пяти профессий, раздел 2 «Серогоазоулавливающие установки на тепловых электростанциях» вырос на одну, раздел 4 «Предприятия электрических сетей» увеличился в два раза – десять вместо прежних пяти. Еще восемь новых специальностей, имеющих одинаковые наименования и перечень применяемых СИЗ на различных предприятиях электроэнергетики, были отнесены в раздел 6 «Общие профессии».

Изменился и сам состав термостойких комплектов – он дополнен новыми видами СИЗ, успешно прошедшими опытную эксплуатацию на энергопредприятиях и получившими положительные отзывы персонала. Среди них: фуфайка-свитер для прохладного и зимнего периодов; термостойкий плащ; куртка-накидка для защиты от кровососущих насекомых; куртка-рубашка из термостойких материалов с постоянными защитными свойствами; термостойкие сапоги; жилет сигнальный огнестойкий 2 класса защиты и т.д. Все эти изделия соответствуют современным требованиям к СИЗ не только с точки зрения обеспечения безопасности людей, но и комфортных условий их работы.

В числе других нововведений – **увеличение сроков эксплуатации и годовой потребности**

в некоторых средствах индивидуальной защиты. Например, количество перчаток термостойких увеличилось с двух до четыре пар на год, а срок эксплуатации каски термостойкой с защитным экраном для лица увеличен до двух лет.

В новых «Типовых нормах» уже не найти упоминаний противознцевалитного термостойкого костюма – теперь он обозначен как **«костюм для защиты от вредных и опасных биологических факторов (клещей и кровососущих насекомых) из термостойких материалов с постоянными защитными свойствами»**. И это не просто смена названия, это важное уточнение защитных характеристик и одновременно детализация необходимых требований к изделию. В дополнение к нему, согласно нормам,лагается наголовная антимооситная сетка из термостойких материалов, а также спецобувь для защиты от клещей и кровососущих насекомых.

Кроме того, согласно нормам, представители еще 21 профессии, не связанной с риском возникновения электрической дуги, также подлежат обеспечению **костюмами для защиты от вредных и опасных биологических факторов, только уже из хлопчатобумажной ткани**, а также куртками-накидками для защиты от кровососущих насекомых.

Коснулись изменения и **средств защиты сварщиков**. Среди полагающихся им с этого года СИЗ: костюмы летние и зимние из термостойких материалов для защиты от искр и брызг расплавленного металла; шлем и краги с такими же характеристиками; термостойкий плащ; жилет сигнальный огнестойкий 2 класса защиты, а также спецобувь, способная обезопасить от повышенных температур и расплавленного металла.

Вышеперечисленное – лишь часть состоявшихся нововведений, отражающих все возрастающие требования общества к системе производственной безопасности, а также современный этап развития средств индивидуальной защиты. Отрадно, что и то, и другое в российской электроэнергетике не только не отстает, но во многом и опережает мировой уровень.

ТЕРМОСТОЙКИЕ АКСЕССУАРЫ К ДУГОСТОЙКИМ КОМПЛЕКТАМ



НЕОТЪЕМЛЕМАЯ ЧАСТЬ ЗАЩИТНОГО КОМПЛЕКТА СИЗ



Куртка — рубашка

- комфортная работа в жаркое время года на протяжении всей рабочей смены
- облегченный термостойкий материал (плотность 180 г/м²)
- широкая цветовая палитра материалов
- самостоятельный уровень защиты — 8 кал/см²

Фуфайка — свитер

- комфортная работа в демисезонное и зимнее время года на протяжении всей рабочей смены
- мягкий трикотаж из термостойкого волокна
- самостоятельный уровень защиты — 15 кал/см²

Плащ или куртка-накидка

- комфортная работа на протяжении всей рабочей смены в дождливую и ветреную погоду
- термостойкая ткань с мембранным слоем
- самостоятельный уровень защиты — 27 кал/см²

Включены в «Типовые нормы бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам организаций электроэнергетической промышленности № 340-н от 25.04.2011»



119002, г. Москва, Карманицкий пер., д. 9
Тел.: (495) 956-04-18, 956-04-19; факс: (495) 520-95-30
www.energocontract.ru e-mail: termolux@energocontract.ru

ИСПЫТАНИЯ ПЕРВОГО ОТЕЧЕСТВЕННОГО АВТОТРАНСФОРМАТОРА СВЕРХВЫСОКОГО КЛАССА НАПРЯЖЕНИЯ ПРОШЛИ УСПЕШНО

На ОАО «ЭЛЕКТРОЗАВОД» разработан и изготовлен однофазный автотрансформатор АОДЦТ-417000/750 мощностью 417 МВА на напряжение 750 кВ. Это первый автотрансформатор, изготовленный в России на данный сверхвысокий класс напряжения. Это сверхсложное оборудование разработано и изготовлено специально для нужд ОАО «ФСК ЕЭС». В настоящее время завершены испытания автотрансформатора, он готовится к отгрузке на ПС 750 кВ «Грибово».

Автотрансформатор уникальный по своей конструкции выполнен на современном техническом уровне с использованием высококачественных материалов и на базе многолетнего опыта крупнейшей российской электромашиностроительной компании ОАО «ЭЛЕКТРОЗАВОД». Автотрансформатор изготовлен в полном соответствии с требованиями заказчика и даже превышает их, в частности достигнуто снижение потерь автотрансформатора на 40 % по сравнению с действующими стандартами, транспортной массы на 33%, полной массы на 31 %. По техническим параметрам, надежности, удобству монтажа и эксплуатации автотрансформатор находится на современном мировом уровне.

Рассказывает заместитель генерального директора по техническим вопросам ОАО «ПК ХК ЭЛЕКТРОЗАВОД» Сульдин Никита Владимирович: «Главной задачей при проектировании и изготовлении данного агрегата безусловно являлось обеспечение необходимой прочности изоляции на сверхвысокий класс напряжения. Несмотря на то, что ОАО «ЭЛЕКТРОЗАВОД» имел уже опыт изготовления блочного трансформатора 750 кВ (ОРЦ-417000/750, который был сделан в 2010 году для Калининской АЭС), в данном случае задача усложнялась наличием обмотки среднего напряжения класса 500 кВ, т.е. наличием потенциала 500 кВ на краю обмотки высокого напряжения в зоне ярма магнитопровода.



Для обеспечения надежности изоляции в конструкции был реализован ряд специальных мер, таких как система электрического экранирования края обмоток, скругленные острые кромки металлических и изоляционных деталей, применение холостых витков в обмотках и т.д. Помимо этого, дополнительные меры были приняты в отношении технологии производства, связанные с обеспечением чистоты поверхностей изоляционных деталей и узлов изоляции, сокращением пребывания активной части на воздухе после термовакuumной обработки, были внесены изменения в технологические процессы термовакuumной обработки, вакуумирования и заливки маслом.

Для обеспечения надежности эксплуатации и достижения высокого технического уровня в конструкции автотрансформатора реализован ряд технических решений, таких как: применение импортной трансформаторной стали, широкое использова-

ние инновационного транспонированного провода производства совместного предприятия «Москабель-Электрозавод», комбинированная система охлаждения типа М/Д/ДЦ на базе радиаторов и многое другое. Эти решения послужили основой для успешного прохождения автотрансформатором испытаний и получения результатов подтверждающих и превосходящих требования заказчика».

В 2008 году на производственном комплексе ОАО «ЭЛЕКТРОЗАВОД» в Москве специально для Курской АЭС был изготовлен самый мощный из ранее выпускаемых в России трансформаторов – мощностью 630 МВА на напряжение 330 кВ. А в 2010 году – первый в России блочный трансформатор сверхвысокого класса напряжения 750 кВ мощностью 417 МВА, изготовленный для Калининской АЭС.

Специально для энергетиков на предприятиях Холдинговой компании «ЭЛЕКТРОЗАВОД» разрабатывается и выпускается новейшее энергетическое оборудование. При проектировании и изготовлении данного оборудования используются уникальные конструктивные и технологические решения. Применение современных материалов, надежных комплектующих изделий обеспечивает значительное улучшение основных параметров оборудования, уменьшение массогабаритных характеристик, снижение монтажных и эксплуатационных затрат.

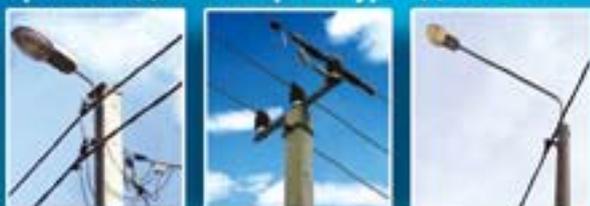


Москва
ЗАО "МЗВА"
Завод высоковольтной арматуры

САМАЯ СОВРЕМЕННАЯ И НАДЕЖНАЯ ЛИНЕЙНАЯ АРМАТУРА, СДЕЛАННАЯ В РОССИИ

Первое место по объему и номенклатуре выпускаемой линейной арматуры среди предприятий аналогичного профиля в России, странах СНГ и Балтии - более 1000 изделий, освоенных в серийном производстве

Крупнейший национальный производитель арматуры для СИП



Специализированный лидер в области производства: контактной, защитной, поддерживающей, соединительной и натяжной арматуры для неизолированных проводов



Москва
ЗАО "МЗВА"
Завод высоковольтной арматуры

Москва, 2-й проезд Перова Поля, дом 9
Тел.: +7 (495) 780-51-65
www.mzva.ru e-mail: info@mzva.ru

ПОЛИМЕРНЫЕ ИЗОЛЯТОРЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

ЗАО «ИНСТА» сегодня является единственным российским предприятием, выпускающим полимерные изоляторы III поколения, конструкция которых значительно повышает их надежность относительно изоляторов предыдущих поколений. Многие отечественные энергетики уже успели оценить преимущества новых изоляторов. Начиная с 2005 года, предприятием изготовлено и поставлено на электросетевые объекты около одного млн. полимерных изоляторов III поколения на различные классы напряжения и механической прочности. О том, как создавались эти изоляторы, об их конструктивных особенностях и опыте эксплуатации мы беседуем с вице-президентом производственного объединения «Форэнерго», в состав которого входит ЗАО «ИНСТА» и другие ведущие российские предприятия арматурно-изоляционной подотрасли, такие как ЗАО «МЗВА», ЗАО «ЮМЭК» и др., к.т.н. Юдановым Е. А.



ЭЭ. Евгений Алексеевич, а есть ли в принципе какие-то специальные требования к конструкции полимерных изоляторов, отраженные в отраслевых нормативно-технических документах?

Е.Ю. Основные требования к полимерным изоляторам изложены в ГОСТ 28856-90 и ГОСТ Р 52082-2003. Кроме того, действующие технические политики ОАО «Холдинг МРСК» и ОАО «ФСК ЕЭС» определяют, в качестве единственно возможных к применению, полимерные изоляторы с цельнолитой кремнийорганической защитной оболочкой. Условно такие изоляторы можно отнести ко II поколению полимерных изоляторов. Впервые данное требование в отраслевых нормативно-технических документах появилось на рубеже 2006 года. Но с этого момента прошло уже более пяти лет, и сегодня конструктивные решения в области полимерных изо-

ляторов стали еще более совершенными, что позволило создать качественно новые изоляторы, так называемое III поколение полимерных изоляторов.

ЭЭ. ЗАО «Инста» было образовано в 2005 году. В чем секрет того, что именно на таком молодом предприятии были освоены в производстве наиболее совершенные отечественные изоляторы?

Е.Ю. Мало кому известно, что одним из главных идеологов внедрения полимерных изоляторов в России, начиная еще со времен СССР, было и остается «Специальное конструкторское бюро по изоляторам и арматуре». ООО «СКТБ» – это ядро московских отделов СКТБ, входившего с 1933 года в состав ПО «Электросетьизоляция». В 2000 г. усилиями корпорации «ЕЭЭК» несколько отделов выделено в ОАО «СКТБ», а в 2007 г. преобразовано в ООО «СКТБ по изоляторам и арматуре». СКТБ сегодня – это активный участник разработки НТД для ОАО «ФСК ЕЭС». Именно это предприятие оказало содействие в подготовке производства полимерных изоляторов многим современным российским производителям, последним из которых и стало ЗАО «Инста». Поэтому можно смело утверждать, что изоляторы «ИНСТА» – это вершина достижений СКТБ, в них учтен весь предыдущий опыт российский и мировой, конечно, тоже!

ЭЭ. Как вы считаете, а почему вообще в энергетике потребовалось вне-

дрение полимерной изоляции? Причем, как вы сказали, это направление начало активно развиваться еще во времена СССР?

Е.Ю. Специалистам очевидно, что современные полимерные подвесные изоляторы имеют ряд важных преимуществ по сравнению с фарфоровыми типа ПФ и стеклянными типа ПС, а именно:

- улучшенные влагоразрядные характеристики в условиях загрязнения за счет гидрофобности оболочки;
- меньшая цена относительно гирлянд стеклянных изоляторов, что становится очевиднее с увеличением класса напряжения ВЛ;
- масса в 7–10 раз, а трудоемкость монтажа на линиях электропередачи в три раза меньше (отсутствует необходимость сборки тяжелых гирлянд);
- из-за снижения массы при доставке на любые расстояния транспортные расходы уменьшаются в семь раз;
- живучесть при механических (вандалных) воздействиях на много порядков выше;
- отсутствует бой при транспортировке;
- низкий уровень радиопомех.

Кроме того, полимерная изоляция позволяет создавать и новые изоляционные узлы опор, так называемые изолирующие траверсы, без которых невозможно дальнейшее совершенствование ВЛ в направлении их компактизации. Первые прообразы изолирующих траверс были разработаны еще в СССР в первой половине 80-х годов. Сегодня,

благодаря работе специалистов СКТБ и ЗАО «Инста», можно с уверенностью говорить, что это направление получает в России второе дыхание. ЗАО «Инста» является первым и единственным сегодня отечественным предприятием, которое с 2007 года серийно выпускает изолирующие траверсы консольного и веерного типа.

ЭЭ. Ну а чем же конкретно обеспечивается повышение надежности полимерных изоляторов III поколения?

Е.Ю. Повышение надежности полимерных изоляторов III поколения обеспечивается защитой от проникновения влаги самого слабого узла – входа стержня в оконцеватель. Вход перекрывается защитной оболочкой, обладающей высокой адгезией к оконцевателю и стержню изолятора (рис. 3). Кремнийорганическая смесь вулканизуется при высоких температуре и давлении на предварительно обработанных праймером поверхностях стержня и опрессованных на нем оконцевателях непосредственно в пресс-форме. Температура, давление, подбор праймера гарантируют высокую адгезию оболочки к металлу и стержню. Стабильность процесса обеспечивается автоматикой.

На изоляторах II поколения герметизация узла, т.е. входа стержня в оконцеватель, осуществлялась проклеиванием вручную компаундом холодного отверждения (рис. 4), то есть так же, как это делалось ранее на изоляторах, изготовленных по «шашлычной» технологии (рис. 1). Отмечаются случаи разгерметизации стыка оконцевателя и защитной оболочки, что приводит к внутреннему увлажнению стержня (рис. 5). Это становится причиной неизбежной потери изолятором его механической и электрической прочности.

Важная особенность в технологии изготовления изоляторов III поколения – исключение возможности неконтролируемого повреждения стеклопластикового стержня при опрессовании оконцевателей в процессе сборки изолятора (рис. 7). Опрессование оконце-

вателей производится до нанесения на стержень кремнийорганической оболочки, и повреждение стержня, если оно произошло при опрессовании оконцевателей, контролируется визуально и с помощью акустических аппаратов, что невозможно при изготовлении изоляторов предыдущих поколений.

Таким образом, подводя итог конструктивным отличиям полимерных изоляторов III поколения, необходимо отметить:

- надежную герметизацию узла сопряжения: «оболочка–стержень–оконцеватель», благодаря заходу защитной оболочки на оконцеватели и полного исключения клеевых швов из конструкции изоляторов;
- исключение возможности неконтролируемого повреждения стеклопластиковых стержней при опрессовании оконцевателей в процессе сборки изоляторов.
- кроме того, изоляторы III поколения имеют и самые высокие разрядные характеристики относительно других полимерных изоляторов. Особенно наглядно это видно на примере изоляторов, специально разработанных для особых степеней загрязнения и районов с высокой грозовой активностью.

С подробными характеристиками изоляторов производства ЗАО «Инста» можно ознакомиться на сайте компании (www.zaoinsta.ru) в разделе «каталог».

ЭЭ. Евгений Алексеевич, спасибо за столь подробный рассказ о конструктивных особенностях современных изоляторов. Будем надеяться, что указанные вами сведения позволят многим специалистам-энергетикам по-новому взглянуть на перспективы применения полимерных изоляторов.

Е.Ю. Полимерная изоляция прошла действительно очень большой эволюционный путь. И я надеюсь, что период проб и ошибок у нас уже позади. Изоляторы, о которых я сегодня рассказывал, теперь действительно смогут обеспечить энергетикам уверенное использование всех уже хорошо известных преимуществ полимерной изоляции.

Эволюция подвесных полимерных изоляторов: I ПОКОЛЕНИЕ



Рис. 1. Клеевая (шашлычная) конструкция с кремнийорганической защитной оболочкой. Частые случаи разгерметизации многочисленных швов приводят к внутреннему увлажнению изоляторов и их выходу из строя

Рис. 2. Цельнолитой изолятор с полиэфирной защитной оболочкой. Первые попытки изготовления цельнолитых изоляторов были предприняты с использованием материалов на основе полиолефинов, как оказалось, недостаточно стойких к ультрафиолетовому излучению

II ПОКОЛЕНИЕ



Рис. 4, 5. Цельнолитой изолятор с кремнийорганической оболочкой и клеевой герметизацией узла сопряжения оконцевателя с защитной оболочкой



Рис. 6, 7. Повреждения стержней у изоляторов II поколения является предпосылкой к развитию аварийной ситуации. Под воздействием механических нагрузок при работе на линии изоляторы, имеющие такие скрытые повреждения стержней, подвержены очень быстрому полному механическому разрушению

III ПОКОЛЕНИЕ



Рис. 3. Цельнолитой изолятор III поколения с кремнийорганической оболочкой и защитой от проникновения влаги узла входа стержня в оконцеватель



ЗАО «Инста»
111141, г. Москва, 2-й проезд Перова поля, дом 9
Тел/факс. +7(495)780-51-65
www.zaoinsta.ru

УНИКАЛЬНЫЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ РАЗЪЕМЫ ДКС

На рынке электротехнических изделий найти сегодня качественный промышленный разъем в среднем ценовом сегменте достаточно сложно. Чаще всего приходится сталкиваться либо с образцами низкого качества, либо с морально устаревшей продукцией, не отвечающей современным требованиям эргономики. ДКС нацелена на ту аудиторию потребителей, которые хотят получить высококачественный продукт по доступной цене. В среднем стоимость продукции фирмы на 10–15 % дешевле, чем у конкурентов.

Компания придерживается принципа соблюдения всех технических норм и требований, поэтому промышленные разъемы серии «Quadro» соответствуют ГОСТ Р 51323.1-99 (МЭК 309-1) и ГОСТ Р 51323.2-99 (МЭК 309-2), изготавливаются из высококачественных комплектующих и обладают инновационными техническими решениями.

Весь ассортимент можно разделить на две крупные группы: промышленные и бытовые разъемы.

Промышленная серия применяется для подключения любого промышленного оборудования к сетям энергообеспечения (рис. 1 и 3):

- в цехах производственных предприятий, строительных площадках, на мачтах уличного освещения или ретрансляционных вышках операторов сотовой связи;
- промышленных холодильных установках;
- на стадионах, эстрадных площадках и автостоянках.

Особое внимание компания уделяет безопасности и надежности соединений своих изделий. Все промышленные разъемы изготавливаются из «полиамида 6», основные характеристики которого:

- высокая ударная прочность (в том числе при низких температурах), стойкость к ультрафиолетовому излучению и к истиранию;
- устойчивость к химическому воздействию.

Материал нетоксичен, имеет степень горючести V2 и является превосходным электрическим изолятором. Его можно применять на открытом воздухе в любых погодных условиях



Рис 1. Вилка кабельная. 3P+E+N. 400 В. IP44



Рис 2. Вилка кабельная. Бытовая серия. 230 В



Рис 3. Розетка врезная. 3P+E+N. 400 В. IP67

с рабочей температурой от –40 °С до +80 °С.

Из других конструктивных особенностей стоит выделить цанговый зажим, быструю и надежную фик-

сацию, а также возможность безвинтовой сборки корпуса с защитой IP44. При этом весь монтаж можно осуществить, не прибегая к помощи инструментов. К дополнительным плюсам можно отнести винты крепления контактов с одной стороны, и удобство при работе в труднодоступных местах и жесткими жилами кабеля с другой.

Важным параметром при использовании промышленных разъемов является и эргономика изделий, чему часто не уделяют должного внимания. В нашем случае мы имеем эффективный десятиточечный контакт, высокую проводимость и самоочистку контактов, а винты контактов защищены от самовывинчивания.

Привлекательным выглядит и корпус у ДКС, который имеет шероховатую поверхность, препятствующую соскальзыванию рук при монтаже.

Бытовая серия компании рассчитана на сеть 230 В и предназначена для использования на небольших производствах или в быту (рис. 2). Чаще всего это автомобильные мойки, пылесосы и прочее электрооборудование в торговых залах, автосервисах, частных хозяйствах.

Весь ассортимент промышленных разъемов компании ДКС постоянно расширяется и обновляется. В совокупности с привлекательной ценой это дает право считать, что данная продукция будет востребована на рынке.

Олег Володарский
Тел.: (495) 916-52-62
E-mail: volodarsky@dkc.ru
www.dkc.ru

МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ РОССИИ

2011

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:

- Минэнерго РФ
- ОАО «Федеральная сетевая компания
Единой энергетической системы»
(ОАО «ФСК ЕЭС»)
- ОАО «Холдинг МРСК»

В 2010 году в работе выставки и семинара «Электрические сети России» приняло участие более 400 фирм и организаций, в том числе, научные, проектные, строительные и эксплуатационные компании ОАО «ФСК ЕЭС» и ОАО «Холдинг МРСК», энергетики стран СНГ, зарубежные фирмы и СП, производители оборудования, конструкций и материалов, специалисты-энергетики других отраслей промышленности из России, Армении, Беларуси, Великобритании, Германии, Гонг-Конга, Испании, Италии, Казахстана, Китая, Кореи, Польши, Сербии, США, Украины, Финляндии, Хорватии, Чехии.
Выставку посетило 25.000 человек.

Организаторы:

- «Совет ветеранов войны и труда
энергетиков»
- ЗАО «ТВЭСТ»

Генеральные информационные спонсоры



Генеральный информационный спонсор

в сети Интернет

RusCable.Ru

Специальный информационный спонсор



Информационные спонсоры



29 ноября – 02 декабря

Москва, ВВЦ павильон №69

ВРЕМЯ РАБОТЫ ВЫСТАВКИ

29 ноября

12:00 – 12:30 – официальное открытие
12:30 – 18:00 – работа выставки

30 ноября – 01 декабря

10:00 – 18:00 – работа выставки

02 декабря

10:00 – 12:00 – работа выставки
12:00 – закрытие, награждение участников выставки

Разделы выставки:

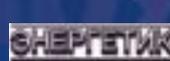
Электротехническое оборудование и распределительные устройства,
Воздушные и кабельные линии электропередачи,
Устройства релейной защиты и противоаварийной автоматики,
АСУ ТП и информатизация, связь, АСКУЭ.

Телефон/факс: (495) 771-6564, 963-4817

E-mail: exhibit@twest.ru

Сайт выставки: www.exproelectroseti.ru

Информационная поддержка



НАКОПИТЕЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

ПОПЕЛЬ О.С., учреждение Российской Академии Наук Объединенный институт высоких температур РАН

ТАРАСЕНКО А.Б., ЗАО «Энергетические проекты»

Рассмотрены апробированные и перспективные технологии аккумулирования электрической энергии. Кратко описаны принципы действия различных накопителей, указаны существующие и перспективные сферы их применения. Сделан вывод о необходимости тщательного учета влияния различных факторов на выбор накопителя для конкретного применения.

Электрическая энергия представляет собой наиболее универсальный вид энергии. Она может быть легко преобразована в механическую, тепловую энергию, энергию электромагнитного излучения, холод и т. д., что определяет ее повсеместное использование для самых различных целей. Вместе с тем, в отличие от различных энергоносителей, электрическая энергия не может быть запасена сама по себе, складирована, как нефть, уголь или дрова. Для создания запаса электроэнергии или ее распределения вне сети (например, для питания мобильных электронных устройств или запуска двигателя автомобиля) она опять-таки должна быть преобразована в другие виды энергии. Наиболее популярным является использование для этой цели химических вторичных источников тока – электрохимических аккумуляторов, в которых происходит преобразование электрической энергии в химическую энергию связи веществ и соединений (заряд аккумулятора) или обратное преобразование (разряд).

Проблема запасаания электроэнергии для питания потребителей в непредвиденных ситуациях, покрытия пиков

нагрузок возникла практически одновременно с первыми электрическими сетями. На самых первых электростанциях, созданных в конце XIX века, стояли аккумуляторные батареи, заряжавшиеся в ночное время. Они выполняли роль буферных накопителей, покрывающих дневные пики потребления и резервных источников питания. Для увеличения радиуса электроснабжения аккумуляторы входили в состав подстанций. В Москве в Верхних торговых рядах (позже известных как ГУМ) в 1892 г. была построена такая подстанция. Энергия на нее подавалась с Георгиевской электростанции, расположенной на расстоянии 1,5 км, а основным потребителем были 2000 ламп накаливания внутреннего и наружного освещения [1].

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ НАКОПИТЕЛЕЙ

Существует много различных классификаций накопителей электрической энергии. По принципу действия их можно условно разделить на физические и электрохимические. Первые преобразуют электрическую энергию в механическую, либо в энергию элек-

тродинамического поля, вторые – в химическую энергию веществ.

Свинцово-кислотные аккумуляторы

Обычно типичной ассоциацией со словом «аккумулятор» являются свинцово-кислотные аккумуляторы. Данная электрохимическая система разработана в XIX веке Гастоном Планте, с тех пор претерпела множество изменений, но, тем не менее, остается одним из самых распространенных типов аккумуляторов в виду своей дешевизны, известности, отработанной технологии производства. В свинцово-кислотных аккумуляторных батареях (СКА) электролитом является раствор серной кислоты, активным веществом положительных пластин – двуокись свинца PbO_2 , отрицательных пластин – свинец Pb . В процессе заряда и разряда аккумулятора на электродах происходят электрохимические окислительно-восстановительные реакции (1–2), а электролит является средой для транспорта ионов между электродами (рис. 1). Забегая вперед, необходимо отметить, что любой электрохимический аккумулятор имеет в своем составе эти элементы, выполняющие те же самые функции, меняются только применяемые вещества. Как уже говорилось выше, СКА достаточно широко известны и распространены, однако, наряду с достоинствами, обладают и крупными недостатками – малой энергоемкостью (на уровне 10–30 Вт·ч/кг), в них используется токсичный свинец, что создает определенные трудности при утилизации отработавших ресурсов устройств, малое количество циклов

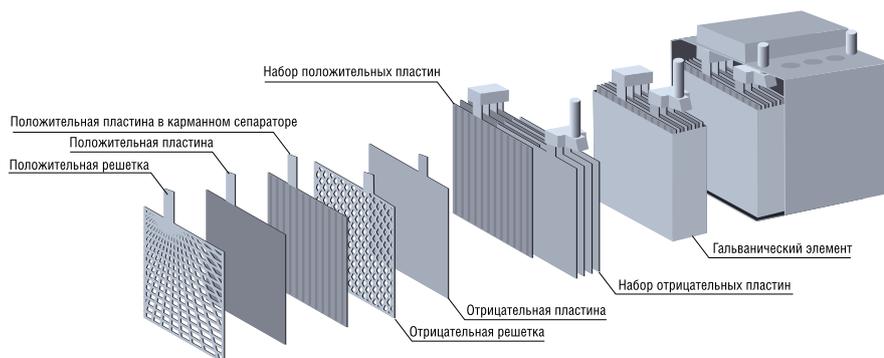
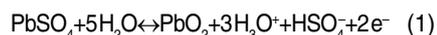


Рис. 1. Устройство СКА

заряд-разряд и низкая глубина разряда у большинства их разновидностей.

Анодная реакция (заряд)



Катодная реакция (заряд)



СКА используются в самых различных приложениях, за исключением портативных – там серьезным препятствием является их низкая удельная энергоемкость. Отдельно можно выделить стартерные, тяговые и буферные СКА. Первые используются для запуска двигателей автомобилей, поэтому рассчитаны на разряд относительно высокими токами и имеют тонкие электродные пластины. Их удельная энергоемкость выше, чем у стационарных аккумуляторов. Стационарные аккумуляторы, наоборот, рассчитаны на длительный разряд относительно малыми токами, глубина их разряда несколько выше, а массогабаритные характеристики хуже. Тяговые аккумуляторы занимают промежуточное положение между этими двумя типами и предназначены для использования на цеховом транспорте (электрокары, погрузчики), до недавнего времени также широко использовались на электротранспорте.

Различают СКА закрытого и открытого типа. В режиме, когда напряжение на элементе аккумулятора превышает 2,4 В, начинается электрохимическое разложение электролита, что приводит к выделению водорода. В аккумуляторах открытого типа газ сбрасывается в окружающую среду через специальные пробки, снабженные клапанами. В таких аккумуляторах необходимо контролировать уровень и плотность электролита и периодически восполнять потери воды. Поэтому такие аккумуляторы считаются обслуживаемыми. Наиболее распространены аккумуляторы открытого типа в стационарных приложениях, таких как системы бесперебойного питания. Целесообразность отхода от обслуживания системы привела к появлению аккумуляторов закрытого типа – со встроенными рекомбинаторами продуктов электролиза. Кроме того, произошел переход от жидкого электролита к гелевому или адсорбированному в матрице (например, ткани на основе стекловолокна). Такие аккумуляторы получили возможность работу в любом положении относитель-



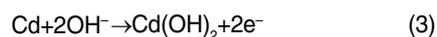
Рис. 2. Аварийный источник питания для городской энергосистемы г. Fairbanks (Аляска, США). 40 МВт, 4,7 МВт·ч

но горизонтальной поверхности, так как электролит перестал представлять собой свободную жидкую фазу [2]. Разрабатываются и применяются новые добавки в состав электродов и электролитов, позволяющие увеличить допустимую глубину разряда и ресурс. В настоящее время доступны аккумуляторы с улучшенными ресурсными характеристиками, достигающими 3000 циклов при глубине разряда 50 %. Однако и цена таких аккумуляторов выше, чем у стандартных систем [3].

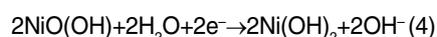
Никель-кадмиевые аккумуляторы

Никель-кадмиевые аккумуляторы также известны достаточно давно. Принцип действия основан на формировании гидроокиси кадмия на аноде и гидроокиси никеля – на катоде (3–5).

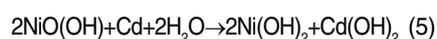
Анод



Катод



Суммарная реакция



Их энергоемкость почти в два раза выше, чем у СКА, они работоспособны при низких температурах, при этом допустимые токи заряда и разряда также существенно выше. Эти достоинства позволили никель-кадмиевым аккумуляторам найти широкое при-

менение на транспорте, в авиации и стационарных системах [3]. На рис. 2 показан аккумуляторный зал системы аварийного электропитания в Fairbanks (Аляска, США) [1].

В то же время никель-кадмиевым аккумуляторам присущ такой недостаток как эффект памяти – их энергоемкость резко падает при неполном разряде или заряде, для ее восстановления требуются специальные алгоритмы заряда. Таким образом, длительное хранение никель-кадмиевых аккумуляторов возможно только в полностью заряженном состоянии. Также существенным является то обстоятельство, что смена полярности аккумулятора приводит к обильному газовыделению и разрушению аккумулятора. Такая ситуация возможна при снижении напряжения на нескольких элементах, соединенных последовательно в батарею. При этом оставшиеся элементы начинают работать на заряд «отстающих», что и приводит к смене полярности. При длительном хранении никель-кадмиевых аккумуляторов возможен рост дендритных кристаллов между электродами, сопровождающийся механическим повреждением сепаратора и замыканием электродов, что выводит аккумулятор из строя [4].

Несмотря на эти недостатки, никель-кадмиевые аккумуляторы рассматривались как альтернатива СКА в элек-

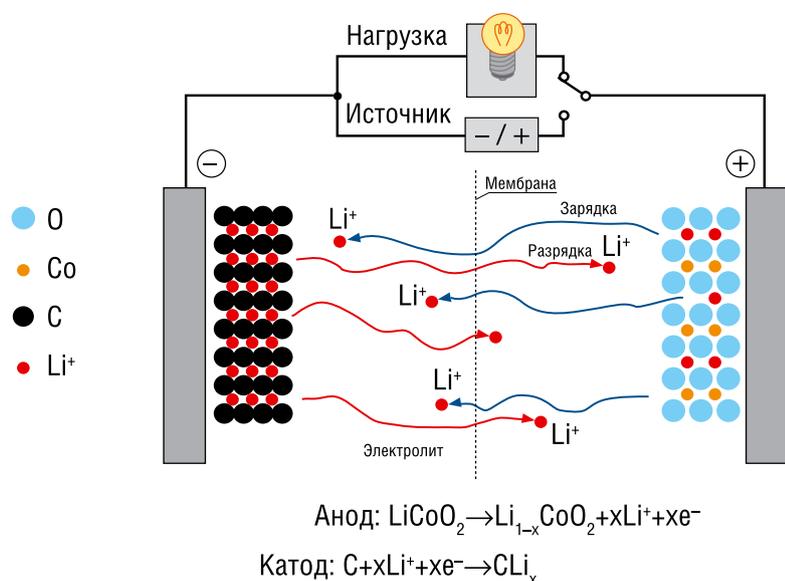


Рис. 3. Принцип действия литий-ионного аккумулятора [2]

тротранспортных применениях до появления более совершенных и менее требовательных в эксплуатации систем. Однако полностью вытеснить СКА им не удалось, прежде всего, в силу более низкой стоимости последних [5].

ЛИТИЙ-ИОННЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ

Принцип действия данной электрохимической системы основан на интеркаляции ионов лития в различные соединения при разных электрохимических потенциалах. Сам по себе литий является достаточно активным металлом, поэтому до конца 70-х годов прошлого века он использовался только в одноразовых первичных источниках тока. Открытие явления обратимой интеркаляции лития в углерод, а позже – кобальтит лития позволило создать аккумулятор на его основе.

Транспорт ионов лития между электродами осуществляется посредством органического электролита, включающего в себя смесь органических растворителей и соли лития.

Применение органических электролитов позволяет повысить напряже-

ние на единичном элементе до 3–4,5 В по сравнению с 1–1,5 для кислотных и щелочных систем. При заряде аккумулятора происходит интеркаляция ионов лития в анодный материал (обычно используется углеродный анод). При разряде ионы лития деинтеркалируются и переносятся на катод, а высвободившиеся электроны формируют электрический ток во внешней цепи. Для данного типа аккумуляторов характерны высокая энергоемкость (табл. 1), глубокие циклы заряда-разряда (70–80 %), отсутствие эффекта памяти. В то же время ресурс и стоимость таких аккумуляторов зависят от типа электрохимических систем, применяемых на катоде и аноде, а также от температуры и режимов эксплуатации. Повышение температуры при эксплуатации или даже хранении существенно снижает ресурс и увеличивает скорость саморазряда [6]. Примеры катодных систем приведены в таблице 1 [7, 8].

Видно, что системы с высокой энергоемкостью имеют меньший ресурс и допускают разряд меньшими токами.

Таблица 1. Некоторые свойства литий-ионных аккумуляторов

Катодная система	Удельная энергия, Вт·ч/кг	Удельная мощность, кВт/кг	Удельная стоимость, \$/Вт·ч	Ресурс, циклов*	Применение
Li _(1-x) Mn ₂ O ₄	150	0,8-1	1-3	1500	Источники бесперебойного питания, электротранспорт
LiCoO ₂	180	0,3-0,4	2,8-5	1200	Потребительская электроника, электротранспорт
LiFePO ₄	110	2-3	0,4-2	более 2000	Электротранспорт, стационарные системы

* существенно зависит от типа применяемой анодной электрохимической системы

Применение в качестве анодного материала наноструктурированного титаната лития (Li₄Ti₅O₁₂) позволяет, согласно [9], увеличить ресурс до 12000 циклов, но со снижением энергоемкости до 70–90 Вт·ч/кг.

Несмотря на высокие удельные характеристики, до середины 2000-х годов литий-ионные аккумуляторы применялись, в основном, в портативных электронных устройствах. Использование в качестве основного катодного материала дорогого и взрывоопасного кобальтита лития – главное ограничение на число элементов в батарее. К тому же такие батареи требовали сложной системы контроля и управления, не допускавшей:

- чрезмерного разогрева элементов;
- высоких значений токов заряда и разряда;
- существенной разницы напряжений между отдельными элементами батареи.

Нарушение любого из этих требований обычно ведет к взрыву элемента. Понятно, что в таких условиях о крупных накопителях на основе ЛИА не могло быть и речи.

Ситуация начала кардинально меняться с появлением и отработки новых катодных материалов – оливиноподобных структур (например, допированный литием фосфат железа) и шпинелей, что позволило повысить безопасность, ресурсные характеристики и понизить стоимость батарей без существенного снижения энергоемкости. Применение титаната лития на аноде аккумулятора позволило расширить температурный диапазон и достичь ресурса более 6000 циклов при существенной глубине разряда и высоких значениях токов.

Решение вопросов безопасности привело к проникновению ЛИА в нишу источников питания для электромобилей. Применения, связанные с электротранспортом, развиваются двумя путями – создание высокомоощных ЛИА для применения в бортовых энергоустановках электромобилей и высокоемких систем для зарядных станций. Проблема организации работы зарядных станций крайне важна как для индустрии электротранспорта, так и оптимизации работы городских сетей. Существует концепция V2G (Vehicle to grid), в рамках которой большое количество электромобилей, а, точнее их бортовые аккумуляторы, должны участвовать в регули-

Бесплатная электронная версия журнала предоставлена компанией



Другие номера журнала на сайте редакции:



Рис. 4. Буферный/резервный литий-ионный накопитель энергии компании Altair-nano емкостью 250 кВтч и мощностью 1 МВт

ровании работы сетей, отбирая энергию в ночные часы и частично возвращая во время пиковых нагрузок [10]. Другая концепция заключается не в заряде аккумулятора на станции, а быстрой его замене, что сокращает пребывание электромобиля на «заправке» до 1–3 минут. При этом демонтированные аккумуляторы могут заряжаться от сети опять-таки в часы ночных провалов потребления электроэнергии. Разрабатываются и реализуются проекты зарядных станций, использующих первичную энергию солнца и ветра.

В настоящее время целый ряд компаний, ориентированных на производство ЛИА для электромобилей, начинает выпуск систем ЛИА для бесперебойных, резервных и аварийных нужд, а также буферного аккумулирования электроэнергии. Высокие удельные характеристики ЛИА позволяют разместить такие системы в стандартных морских или автомобильных контейнерах. На рис. 4 приведены фотография и схема системы компании Altair Nano, одной из первых применившей титановую наноструктуру на аноде ЛИА.

Разработкой подобных систем занимаются компании A123Systems и Thunder Sky, ранее специализировавшиеся на аккумуляторах для электротранспорта. В пресс-релизах [11, 12] заявляется, что система A123 предназначена для применения в «интеллектуальных сетях», а Thunder Sky, по сути, создала мобильный источник резервного питания (рис. 5, 6), призванный обеспечить энергопитание потребителей в районе аварии.

В России разработкой ЛИА и их компонентов занимается широкий круг организаций и предприятий. Тем не менее, промышленное производство отечественных ЛИА на сегодняшний день отсутствует. Наиболее близко к его созданию подошло ОАО «Ригель» (С-Петербург). Такая ситуация объяс-



Рис. 5. Накопитель для «интеллектуальных сетей» (A123 Systems)



Рис. 6. Мобильный источник аварийного питания (Thunder Sky)

няется техническими и технологическими причинами (состояние технологической и элементной базы в стране), отсутствием большого спроса (нет отечественных разработчиков электромобилей или портативной электроники, формирующих основной круг потребителей ЛИА) и проникновением на российский рынок зарубежных изделий, имеющих более низкую стоимость в силу отработанных технологий.

В настоящее время задача формирования такого производства решается посредством партнерства с зарубежными компаниями. Так, Российская корпорация нанотехнологий и Thunder Sky создают производство аккумуля-

торов на базе Новосибирского завода химических концентратов [13]. ОАО «ФСК ЕЭС» в рамках Петербургского международного экономического форума подписало соглашение о намерениях с компанией Ener1 [14], разрабатывающей ЛИА для транспортных и стационарных применений.

Натрий-серные аккумуляторы

Начиная с конца 70-х годов ряд организаций и фирм в США, Европе, Японии и СССР вели разработки в области высокотемпературных натрий-серных аккумуляторов. Принцип действия такого аккумулятора показан на рис. 7 [15]. В некотором роде данный тип аккумуляторов

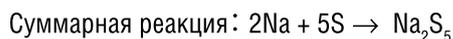
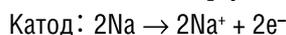
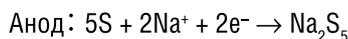
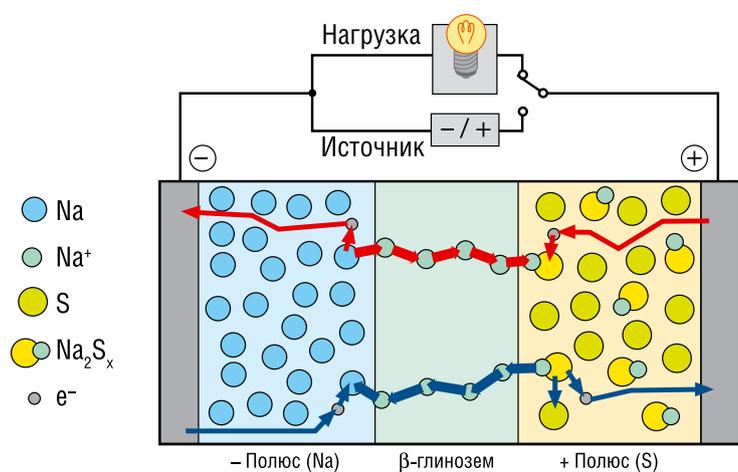


Рис. 7. Принцип действия NaS аккумулятора

является аналогом ЛИА – в разряженном состоянии натрий образует с серой химическое соединение (полисульфид натрия), в заряженном – сера и натрий представлены в виде чистых веществ, разделенных керамической мембраной. Есть ряд существенных отличий – электролит в данной системе керамический, что обуславливает высокую рабочую температуру аккумулятора (290–360 °С). Теоретическая энергоёмкость данной системы может достигать 925 Вт·ч/кг, однако в реальности достигнуты гораздо меньшие цифры – 150–100 Вт·ч/кг [16]. Такие характеристики не могли не привлечь внимания разработчиков электро-транспорта, так как в то время ЛИА еще не были достаточно изучены. Одним из пионеров в данной области была американская Ford Motor Co. Были созданы и испытаны прототипы автомобилей, однако целый ряд проблем, связанных, прежде всего, с вопросами безопасности (элементы натрия и сера представляют собой крайне активные вещества) и поддержанием рабочей температуры в течение длительного времени привели к тому, что разработки транспортных систем пошли по пути замены серного электрода на натрий-никель-хлоридный, что позволило несколько снизить рабочую температуру и уйти от присутствия чистой серы в системе. В настоящее время этот проект известен под названием ZEBRA [17]. Однако в конце восьмидесятых годов прошлого века интерес к натрий-серным аккумуляторам снова

возрос – интенсивно развивалась возобновляемая, прежде всего – ветровая энергетика, а доступные на тот момент свинцово-кислотные и никель-кадмиевые аккумуляторы существенно уступали как по удельным характеристикам, так и по ресурсным показателям. Поэтому дальше эта ветвь аккумуляторов развивалась исключительно в применении к стационарной энергетике – как возобновляемой, так и сетевой. Достигнутые на практике ресурсные характеристики демонстрируют значения от 2000 до 4000 циклов при глубине разряда до 80–90 %. Наибольших успехов в разработке и производстве высокотемпературных аккумуляторов достигла японская компания NGK Insulators LTD. Так как падение температуры приводит к замерзанию реагентов и резкому снижению ионной проводимости электролита, в конструкции предприняты дополнительные меры по теплоизоляции батареи. Помимо теплоизоляции внешнего корпуса применяются такие меры как откачка воздуха из внутреннего объема батареи, где расположены отдельные аккумуляторы, и покрытие внутренних стенок этого объема фольгой (экранно-вакуумная теплоизоляция) [16]. Несмотря на неспособность хранить запасенную энергию в течение длительного времени (вся она будет израсходована на поддержание рабочей температуры электролитов), натрий-серные аккумуляторы оказались востребованы для решения задач регулирования графиков выдачи мощности

и поддержания частоты переменного тока в крупных сетях. В этом случае практически в каждый момент времени аккумулятор находится либо в состоянии заряда, либо – разряда, поэтому через электролит постоянно в прямом и обратном направлении движутся ионы натрия, что и обеспечивает (за счет потерь на сопротивлении) поддержание рабочей температуры аккумуляторов. Следует отметить широкое применение подобных систем в Японии и США, как для возобновляемой, так и централизованной энергетики (рис. 7). Отсутствие дорогостоящих материалов, таких как литий, кобальт, никель, органические электролиты сложного состава, привело к тому, что стоимость запасенной энергии для данной системы находится на уровне СКА. Поэтому даже появление систем на основе ЛИА не смогло поколебать позиций натрий-серных аккумуляторов в Японии. С 2002 года на объектах только одной Tokyo Electric Power Company (TEPCO) эксплуатируются батареи общей мощностью свыше 180 МВт. Известно о поставках единичных систем такого типа в Европу и строительстве завода по их производству в штате Нью-Йорк (США) [1].

Проточные редокс-накопители

У всех рассмотренных выше систем аккумулярование электрической энергии происходит через преобразование и накопление химической энергии веществ, входящих в состав электродов. Это обстоятельство приводит к тому, что мощность оказывается напрямую связана с энергоёмкостью аккумулятора, так как увеличение массы веществ на электродах ведет к росту их сопротивления. Увеличение энергоёмкости или предельной мощности системы на основе таких аккумуляторов достигается простым увеличением их количества.

Проточные редокс-накопители (от англ. Redox – Reduction (восстановление) и oxidation (окисление)) принципиально отличаются от остальных типов аккумуляторов тем, что запасенная энергия хранится в растворах солей вне электродов. Электрохимическая ячейка (единичный элемент) такого накопителя представляет собой два композитных электрода, обычно на основе углеродных волокон и химически стойких полимеров, проницаемых для ионов, но герметичных для моле-

кул веществ, входящих в состав растворов мембрану, и два коллектора тока, прилегающих к электродам. Коллектора тока обеспечивают равномерность распределения растворов солей по поверхности электрода, а также однородность протекания тока по всей площади, на электродах протекают реакции превращения соединений в растворах, сопровождающиеся изменением степени окисления одного из входящих в них элементов. При этом мембрана отвечает за разделение электронов и ионов, то есть выполняет ту роль ионного проводника, которую играет жидкий электролит в ранее рассмотренных системах. Сами активные вещества хранятся в химически стойких емкостях и подаются в батарею, состоящую из электрохимических ячеек с помощью насосов, однако известны системы, где циркуляция осуществляется за счет силы тяжести или градиента температуры.

Рассмотрим принцип работы такой системы на примере (ВРБ), рис. 8 [18]. Растворы серноокислых солей ванадия в серной кислоте хранятся в баках, выполненных из химически стойкого

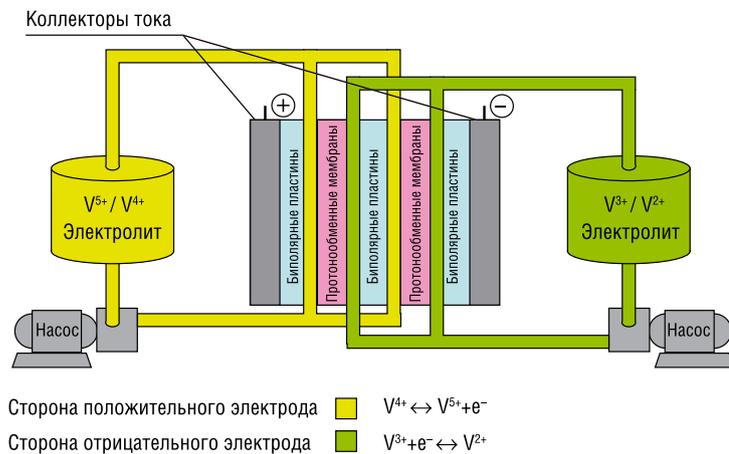


Рис. 8. Принцип действия проточной ВРБ



Рис. 9. ВРБ компании Cellstrom Power (Австрия)

Проектирование, производство, поставка систем бесперебойного электропитания



Передовые системы
Энергия для Вашего успеха!

- Зарядно-выпрямительные устройства «ВАЗП-М»
- Аккумуляторные батареи «Норреске» (Германия)
- Щиты постоянного тока
- Панели собственных нужд
- Источники бесперебойного питания



ВАЗП-М

- Тиристорный выпрямитель №1 в России
- Стабилизация выходного напряжения ± 0,5 %
- Естественное охлаждение



- **Хоппекс** со склада в Екатеринбург
- Стационарные свинцово-кислотные аккумуляторы всех типов
- Возможность применения уникальной системы рекомбинации – пробки АкваГен

ООО «Передовые системы» г. Екатеринбург, ул. Амундсена, д. 107, блок 4, оф. 504
Тел.: (343) 389-08-09, (343) 389-08-07, e-mail: market@per-systems.ru www.per-systems.ru

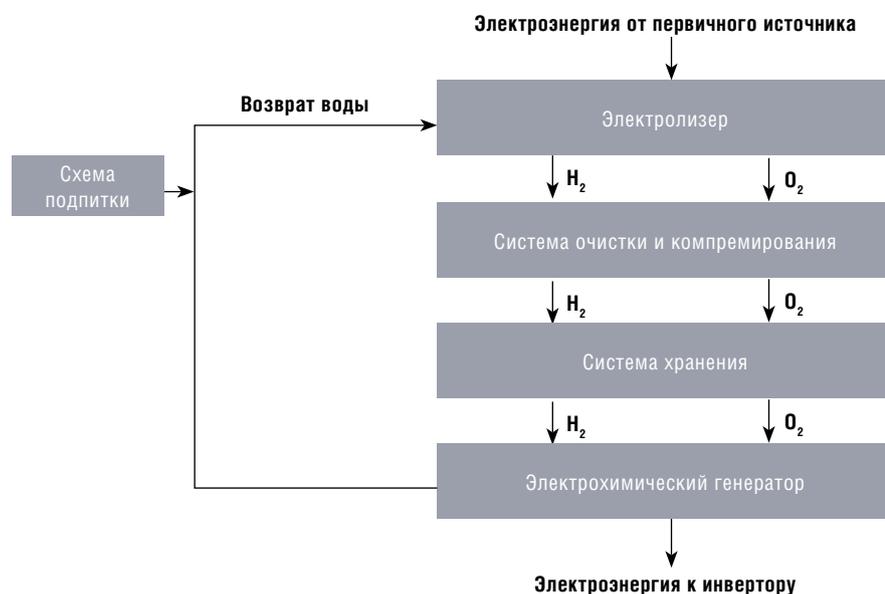


Рис. 10. Принципиальная схема реализации водородного цикла аккумулирования электроэнергии с использованием электролизера и топливных элементов

полимера. В заряженном состоянии степени окисления ванадия в составе этих соединений составляют +2 и +5. Растворы подаются в батарею электрохимических ячеек, состоящих из углерод-полимерных биполярных пластин (коллекторов тока), композитных электродов на основе нетканых углеродных материалов, протонпроводящей мембраны. Прокачка растворов через батарею осуществляется посредством двух перистальтических насосов – по одному для анодного и катодного контуров. При разряде батареи степень окисления ванадия в анодном контуре изменяется +2 на +3, при этом из состава соли высвобождается один атом водорода, который ионизируется. Протон через мембрану, а электрон – через внешнюю цепь отправляются на катод, где степень окисления ванадия в составе католита аналогичным образом через присоединение протона и электрона меняется с +5 на +4. Для заряда процесс подачи внешнего напряжения запускают в обратную сторону. Перезарядка также может быть осуществлена заменой растворов на свежие.

Напряжение на такой электрохимической ячейке определяется разностью потенциалов протекающих на электродах реакций. Для ВРБ оно составляет 1,2 В. Для увеличения напряжения ячейки соединяются последовательно, как и в аккумуляторах. Учитывая, что

все ячейки соединены между собой по контурам жидких электролитов, в батарее редко присутствует более 30 последовательно соединенных ячеек – в противном случае токи утечки становятся достаточно значительными. Для увеличения мощности увеличивают токи и, следовательно, площадь электродов. Для этих систем она составляет 1–2 м². Существуют разные пары веществ, способные вступать в вышеописанные реакции, однако по ряду причин (приемлемые величины концентрации солей в растворах, значения напряжения, подавление побочных реакций) наибольшее развитие получили три пары – ванадий в различных степенях окисления, цинк-бром и железо-хром. Хотя теоретически мембрана непроницаема для молекул электролитов, на практике существует их диффузия через поры в мембране, называемая кроссовер. Это эквивалентно саморазряду батареи, однако, если вещества в контурах разные, и их впоследствии невозможно разделить, то происходит необратимая деградация системы, со временем полностью выводящая ее из строя. В этом плане ванадиевая батарея выгодно отличается от двух других – смешивание раствором легко парируется электрохимическим окислением солей при нужном напряжении, так как элементы в контурах фактически одни и те же [19]. В

то же время система на основе цинка обладает большей энергоемкостью (30–50 Вт·ч/кг против 15–30 у ванадия). Железо-хромная батарея, напротив, менее энергоемкая, однако более дешевая.

Малая удельная энергоемкость таких систем практически закрывает им путь в транспортные и портативные применения, хотя в 80-х годах прошлого века в Австралии испытывался автобус с ванадиевыми батареями. Время их перезарядки могло быть существенно сокращено за счет замены растворов в контурах, что давало значительные преимущества перед доминировавшими тогда на рынке свинцово-кислотными батареями с их низкими допустимыми токами заряда и разряда [20].

Вместе с тем такие батареи имеют ряд преимуществ перед другими типами накопителей. Во-первых, высокие токи заряда и разряда. Они лимитируются только сопротивлением мембраны и скоростью прокачки растворов через батарею. Во-вторых, в отличие от твердофазных аккумуляторов допустимая глубина разряда батареи составляет 100 % – пока не будут преобразованы все объемы солей. В-третьих, в случае ванадиевой системы достигаются большие значения циклов заряда-разряда – ресурс таких батарей по опубликованным Sumitomo Electric данным превышает 20 000 циклов, что существенно больше, чем у других типов аккумуляторов [18]. Самым важным достоинством является то обстоятельство, что мощность и емкость накопителя набираются отдельно – количеством батарей и ячеек в них и объемом баков с растворами соответственно. Учитывая, что наиболее дорогостоящие компоненты сосредоточены в батареях, накопитель для обеспечения большой длительности работы на основе проточных батарей может иметь экономические преимущества перед твердофазными системами. Это обстоятельство предопределило использование проточных батарей в составе аварийных источников питания для телекоммуникационных станций и в системах с возобновляемыми источниками энергии (ВИЭ), рис. 9. Известны также примеры применения данной системы на крупных электростанциях (450кВт/1МВт·ч ВРБ

на электростанции Кансаи в Японии) в системах аварийного питания и регулирования мощности.

Разновидностью проточных редокс-накопителей можно считать системы на основе водородного цикла (рис. 10) – для заряда такого накопителя в электролизере происходит разложение воды на водород и кислород, которые хранятся в баллонах высокого давления, а затем преобразуются в электроэнергию в топливном элементе [20] или тепловом двигателе [21]. Преимущество системы – возможность достижения высоких энергоемкостей (за счет хранения газов в сжатом состоянии), а недостаток – относительно низкий КПД, не превышающий 40 %, высокая стоимость компонентов и повышенная химическая активность как водорода, так и кислорода. Известно несколько демонстрационных проектов с такими накопителями [22].

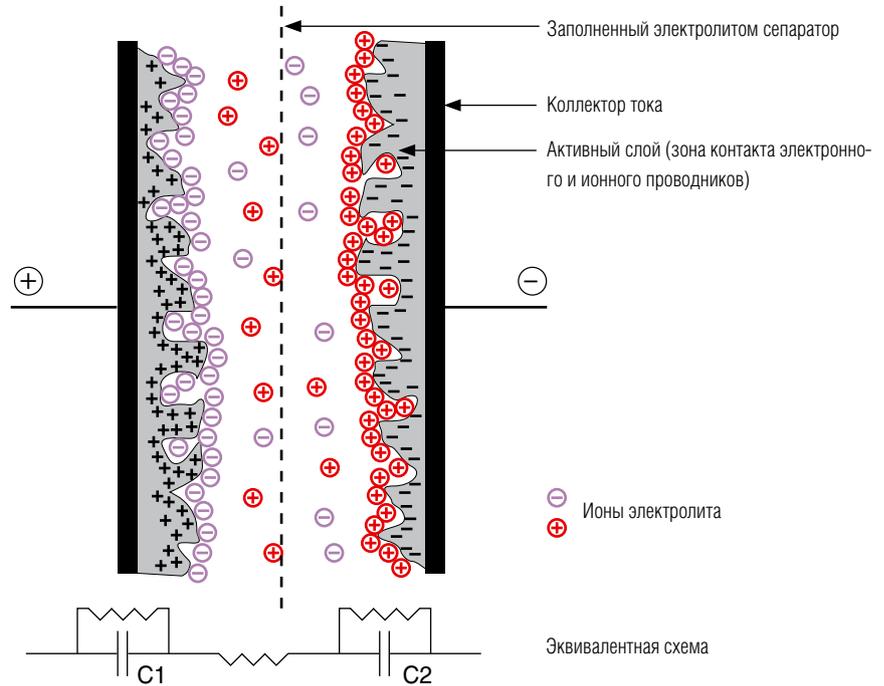


Рис. 11. Схема единичной ячейки суперконденсатора

Суперконденсаторы

Если привести в контакт ионный и электронный проводники, то за счет возникновения электростатического поля в каждом из них произойдет

разделение зарядов и их группировка вдоль границы раздела. Возникает так называемый ДЭС – двойной электрический слой. На этом принципе строятся электростатические конденсаторы, ем-

кость которых относительно невелика. Однако, если электронный проводник выполнен в виде пористого материала, а ионный представляет собой жидкий электролит, то поверхность ДЭС суще-

ЛИТИЙ-ИОННЫЕ БАТАРЕИ «ЛИОТЕХ» – ДЛЯ ЧИСТОЙ ЭНЕРГИИ БУДУЩЕГО

Управляемые накопители электрической энергии – важнейший элемент будущих активно-адаптивных сетей

Накопители энергии на ЛИА в энергетике применяются с целью:

- повышения управляемости и безопасности энергосистемы, предупреждение системных сбоев;
- сглаживания пиков потребляемой мощности в режиме реального времени, для снижения величины заявленной мощности, как при присоединении объекта к сетям, так и при последующей эксплуатации;
- оптимизации генерации и потребления;
- повышения качества энергоснабжения за счет активного управления системой ЛИА;
- обеспечения возможности интеграции всех видов генерации и систем аккумулирования энергии;
- снижения потерь и уменьшения объема электроэнергии, приобретаемой в часы с высокой стоимостью энергии.

Компания ЛИОТЕХ предлагает комплексные решения по разработке и внедрению накопителей энергии, созданных на основе ЛИА собственного производства.

Преимущества ЛИА производства ЛИОТЕХ:

- плотность энергии 110 Вт·ч/кг;
- номинальная емкость ЛИА от 200 до 700 А·Ч;
- не требуют обслуживания;
- температурный диапазон эксплуатации – от -45 °С до +85 °С;
- срок эксплуатации в энергетике – до 30 лет;
- надежность и безопасность, подтвержденные международными сертификатами.



Тел. +7 (495) 710-8858
E-mail: info@liotech.ru
Web: www.liotech.ru

Общество с ограниченной ответственностью «Литий-ионные технологии» (ООО «Лиотех») – совместное предприятие китайской компании Thunder Sky Limited и ОАО «РОСНАНО». Компания «Лиотех» создана для реализации в России проекта по производству современных литий-ионных аккумуляторов (ЛИА) с целью выполнения стратегических национальных задач в сфере энергосбережения, энергобезопасности и перевода транспорта на экологически чистый источник энергии.





Рис. 11. Строительство завода мощностью 20 МВт в Stephentown, Нью-Йорк. После завершения завод будет в непрерывном режиме сохранять и возвращать в сеть электроэнергию, что обеспечит примерно 10 % от общих потребностей Нью-Йорка в регулировании частоты

ственно увеличивается, и значения емкости могут достигать десятков фарад. Такие устройства называются суперконденсаторами или молекулярными накопителями (рис. 11).

Суперконденсатор представляет собой импульсное электрохимическое устройство, предназначенное для компенсации быстрых переходных процессов в различных электрических схемах. От аккумуляторов различных типов он отличается существенно меньшей энергоемкостью (единицы Вт·ч/кг) и повышенной удельной мощностью (2–10 кВт/кг).

Процесс запасаения энергии в суперконденсаторах осуществляется за счет разделения заряда на двух электродах с достаточно большой разностью потенциалов между ними. Разность потенциалов обычно определяется величиной напряжения разложения электролита. Эта величина лежит в районе 1,23 В для водных электролитов (щелочей и кислот) [23] и в районе 2,5–4 В для органических электролитов [24]. Так как химических превращений веществ в процессе работы суперконденсатора не происходит (если не допускать превышения зарядных напряжений), ресурс системы достаточно велик и может превышать 100 000 циклов заряда-разряда.

Учитывая вышеупомянутые особенности суперконденсаторов, целесообразно их использование в гибридных схемах с аккумуляторами. В этом случае суперконденсатор реагирует на короткие пики генерации или потребления электроэнергии, увеличивая ресурс аккумулятора и снижая время отклика всей схемы на внешние воздействия. Такие схемы могут применяться для повышения ка-

чества электроэнергии, вырабатываемой традиционными ЭУ и ЭУ на основе ВИЭ (сглаживание флуктуаций напряжения), в электротранспортных средствах и гибридных автомобилях (рекуперация энергии торможения и разгон транспортного средства), для обеспечения работы рентгеновских установок и быстрого запуска ДГУ, особенно в условиях пониженных температур [23].

Маховики или кинетические накопители

Данный тип накопителей основан на физических принципах – раскрутке массивного тела до высокой скорости. Электрическая энергия при этом переводится в кинетическую. Основным достоинством является практически мгновенный «подхват» нагрузки, в то время как энергоемкость достаточно мала. Современные маховики выдерживают 105–107 циклов заряда и разряда. Существенно снижают эффективность маховиков потери энергии на трение, поэтому при конструировании кинетических накопителей используются специальные подшипники, снижающие трение, а сам накопитель размещается в вакуумированном контейнере. Значительное внимание также уделяется применению композитных материалов для повышения прочности и оптимизации массогабаритных характеристик, а также проблемам обеспечения безопасности – сход раскрученного маховика с оси или его разрушение чреват серьезными последствиями. Как и в случае суперконденсатора, удельная мощность устройства достаточно высока. Известны проекты достаточно крупных накопителей для компенсации флуктуаций в электросетях, а также для крат-

ковременного обеспечения аварийного питания. Маховики также интенсивно используются для рекуперации энергии торможения метропоездов (устройство, естественно, располагается на подстанции, а не в поезде) и в системах аварийного электропитания ответственных потребителей – для выдачи мощности во время запуска дизеля.

Гидроаккумуляторы

Гидроаккумуляторы являются одной из самых ранних технологий запасаения больших объемов энергии. Принципиально гидроаккумулятор похож на обычную гидроэлектростанцию, где турбины вращаются потоком набегающей воды за счет разности уровней верхнего и нижнего водяного резервуара, то есть потенциальная энергия воды преобразуется в механическую и электрическую энергию. Поэтому гидроэлектростанции обычно строятся на реках с достаточным перепадом высот. Перепадом высот во многом определяется мощность генерации. Следует также отметить высокую маневренность гидроэлектростанций, так как напор воды перед турбогенератором можно регулировать механически, шириной шлюза. В случае гидроаккумулятора вышеописанная система дополняется насосами, которые в часы отсутствия потребления электроэнергии нагнетают воду в верхний резервуар. В последнее время широкое распространение получают комбинированные системы – гидроаккумуляторы, построенные на реках и способные работать в режиме обычной гидроэлектростанции [25]. Это позволяет снизить капитальные затраты и увеличить маневренность системы. Дополнительный плюс – возможность длительной эксплуатации наиболее капиталоемких сооружений, таких как плотина. Однако следует заметить, что основными факторами, определяющими возможность постройки гидроаккумулятора, его максимальную емкость и капитальную стоимость, являются особенности рельефа местности, а также необходимость затопления значительных территорий. Именно поэтому в Европе и Японии в настоящее время основной упор сделан не на строительство новых, а на модернизацию старых систем такого типа и надстройки в виде гидроаккумуляторов над существующими гидроэлектростанциями [25]. Применение гидроаккумуляторов может оказаться

эффективным в том случае, когда регулируется работа не одной электростанции на основе традиционных технологий или возобновляемых источников энергии, а более крупной энергосистемы, как описано в [26].

В мире ГАЭС строят уже более 100 лет. Первая ГАЭС – Леттем (Швейцария), мощностью около 100 кВт, была введена в эксплуатацию в 1882 г. Сейчас в мире насчитывается более 460 ГАЭС суммарной мощностью около 300 млн. кВт [25].

На сегодняшний день в России действует только одна ГАЭС – Загорская, мощностью 1 200 МВт (в режиме выработки электроэнергии). Загорская ГАЭС-2 будет построена вблизи действующей станции, ввод первой очереди намечен на 2011 г. Инвестиции в проект составят 76 млрд. руб. [27]. Проект ОАО «РусГидро» по созданию гидроаккумулирующей станции на р. Шапша в Ленинградской области предполагает создание двух бассейнов гидроузла – верхнего и нижнего и станционного узла. Здание станции будет оборудовано 8 обратимыми агрегатами мощностью в генераторном режиме – 220 МВт. К 2017 г. ГидроОГК намерена ввести в строй все 8 агрегатов станции мощностью 1 тыс. 560 МВт. Годовая выработка электроэнергии на станции составит 2,34 млрд. кВт/ч. Данный проект предполагалось реализовать еще в 1980-х годах, но тогда строительство было заморожено [28].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время в мире наблюдается значительный прогресс в области накопителей электрической энергии, вызванный такими факторами, как повышение требований к надежности и качеству энергоснабжения, широкое распространение практического использования ВИЭ, развитие электротранспорта. При этом наблюдается как появление новых, так и улучшение существующих технологий аккумулирования энергии. Вместе с тем, требования к накопителям для различных применений растут достаточно сильно. Так, для транспортных систем, прежде всего, важны высокие удельные характеристики, в то время как для крупных стационарных аккумуляторов – ресурс и стоимость. Ресурс по циклам не является

критичным для источников аварийного питания, однако здесь принципиальным является возможность длительной работы накопителя в режиме постоянного подзаряда и большой срок его сохранности. Универсальных накопителей, пригодных для любых сфер применения, не существует. Поэтому выбор накопителя определяется требованиями конкретного потребителя и исходными данными на систему в целом. При этом следует учитывать как технические, так и экономические особенности эксплуатации накопителей. Необходимо отметить достаточно широкий разброс данных, представляемых различными поставщиками оборудования, что делает необходимым проведение независимых испытаний накопителей, поставляемых различными производителями, по согласованным методикам.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Попель О.С., Тарасенко А.Б.* Современные виды электрохимических накопителей и их применение в автономной и централизованной энергетике, Теплоэнергетика, № 11, 2011 г., в печати.
2. *Хрусталева Д.А.* «Аккумуляторы», Москва, ООО «Изумруд», 2003 г.
3. <http://www.inverta.ru/rolls>.
4. *Ellis, G.B., Mandel, H., and Linden, D.* «Sintered Plate Nickel-Cadmium Batteries». Journal of the Electrochemical Society, September 1952.
5. *Goodman, Marty* (1997-10-13). «Lead-Acid or NiCd Batteries?». Articles about Bicycle Commuting and Lighting. Harris Cyclery. Retrieved 2009-02-18.
6. *David Linden, Thomas B. Reddy* (ed). Handbook Of Batteries 3rd Edition. McGraw-Hill, New York, 2002 ISBN 0-07-135978-8 chapter 35.
7. http://www.panasonic.com/industrial/battery/oem/images/pdf/Panasonic_Li-Ion_CGA103450A.pdf.
8. «How to rebuild a Li-Ion battery pack». Electronics-lab.com. http://www.electronics-lab.com/articles/Li_Ion_reconstruct/. Retrieved 8 October 2009.
9. The AES Corporation Summary of AltairNano Validation Testing, June 27, 2008, http://www.b2i.cc/Document/546/KEMA_Report.pdf.
10. Bottling Electricity: Storage as a Strategic Tool for Managing Variability and Capacity Concerns in the Modern Grid, EAC Report December 2008, см. также: <http://www.oe.energy.gov/eac.htm>.

11. <http://ir.a123systems.com/releasedetail.cfm?ReleaseID=498155>
12. http://www.thunder-sky.com/products_en.asp?fid=111&fid2=115
13. <http://www.rusnano.com/Post.aspx/Show/26048>
14. <http://www.ener1.com/?q=content/ener1-history>
15. <http://www.msnbc.msn.com/id/29900981/>
16. *Taku Oshima, Masaharu Kajita, Akiyasu Okuno* «Development of Sodium-Sulfur Batteries» International Journal of Applied Ceramic Technology Volume 1, Pages 269–276, 2004. doi:10.1111/j.1744-7402.2004.tb00179.
17. http://en.wikipedia.org/wiki/Molten_salt_battery
18. Vanadium Redox Flow Batteries: An In-Depth Analysis. EPRI, Palo Alto, CA: 2007. 1014836
19. *F. Rahman, M. Skyllas-Kazacos*, Vanadium Redox Battery: Positive Half-Cell Electrolyte Studies, Journal of Power Sources (2008)
20. *Андреев В.М., Забродский А.Г., Когновицкий С.О.* Интегрированная энергоустановка с накопителем энергии на основе водородного цикла, Международный журнал «Альтернативная энергетика и экология» АЭЭ (2008) № 2 (46), 99–105.
21. *Malyshenko S.P., Gryaznov A.N., Filatov N.I.*: «High-pressure H₂/O₂-steam generators and their possible applications», Int. Journ. Hydrogen Energy, V.29. P.589–596, 2004
22. www.heliocentris.com.
23. *Вольфкович Ю.М., Сердюк Т.М.* Электрохимическая энергетика, 2001, Т.1 № 4., стр. 14–28.
24. *Деньщиков К.К.* Оптимизация взаимодействия наноструктурированных углеродных материалов и электролитов на основе ионных жидкостей для повышения электроэнергетических характеристик суперконденсаторов. Труды Международного форума по нанотехнологиям, (Поснанофорум), Москва, 2008.
25. *J.P. Deane et al.* / Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (2010) 1293–1302.
26. *Jami Hossain*, A case study of high wind penetration in the Tamil Nadu Electricity Utility, ENERGY POLICY August 1993, p. 868–874.
27. <http://www.skmost.ru/objects/gidro/zagorskaya/>.
28. <http://www.postroyu.ru/news/244>.

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ FACTS НА ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

МАКАРОВСКИЙ С.Н., ведущий научный сотрудник ОАО «Институт «Энергосетьпроект»

ПОДЬЯЧЕВ В.Н., начальник Производственно-технического департамента ОАО «Институт «Энергосетьпроект»

В мировой электроэнергетике наметилась устойчивая тенденция к внедрению технологий FACTS в электрических сетях электроэнергетических систем (ЭЭС). От их применения ожидается улучшение управляемости электрических режимов ЭЭС, более полное использование потенциальной пропускной способности электрических сетей и как следствие повышение надежности электроснабжения потребителей. Но технологии FACTS могут быть полезны и для электростанций.

До 90 % всей регулируемой реактивной мощности в современных ЭЭС приходится на долю генераторов электростанций. На этой основе в ряде экономически развитых странах Европы (Франция, Италия и др.) создаются централизованные системы автоматического вторичного регулирования напряжения в масштабах национальных энергосистем [1]. Необходимость создания такой системы регулирования напряжения давно назрела и в ЭЭС России. Однако участие генераторов в автоматическом централизованном вторичном регулировании напряжения и реактивной мощности в ЭЭС неизбежно сопряжено с изменением напряжения на их выводах в широких пределах. При существующих схемах питания собственных нужд (СН) электростанций необходимость поддержания напряжения на шинах СН в нормативных пределах [2] ограничивает допустимый диапазон изменения напряжения на выводах генераторов. Вследствие этого не представляется возможным полное использование их располагаемой реактивной мощности [3]. В частности, эти ограничения могут создать существенные трудности и при внедрении перспективных асинхронизированных генераторов.

Один из возможных способов расширения диапазона регулирования напряжения на выводах генератора и более полного использования его располагаемой реактивной мощности состоит в подключении к шинам СН энергоблока статического электромагнитного компенсатора (СЭМК) реактивной мощности, образованного управляемым шунтирующим реактором (УШР) [4] и подключенной к нему параллельно батареей статических конденсаторов (БСК).

Принципиальная схема подключения СЭМК к шинам СН энергоблока представлена на рисунке 1.

Здесь два СЭМК, подключенные к расщепленной обмотке низшего напряжения трансформатора собственных нужд (ТСН) представляют собой дополнительную нагрузку-регулятор на шинах СН энергоблока. При этом потери активной мощности в СЭМК можно отнести к активной на-

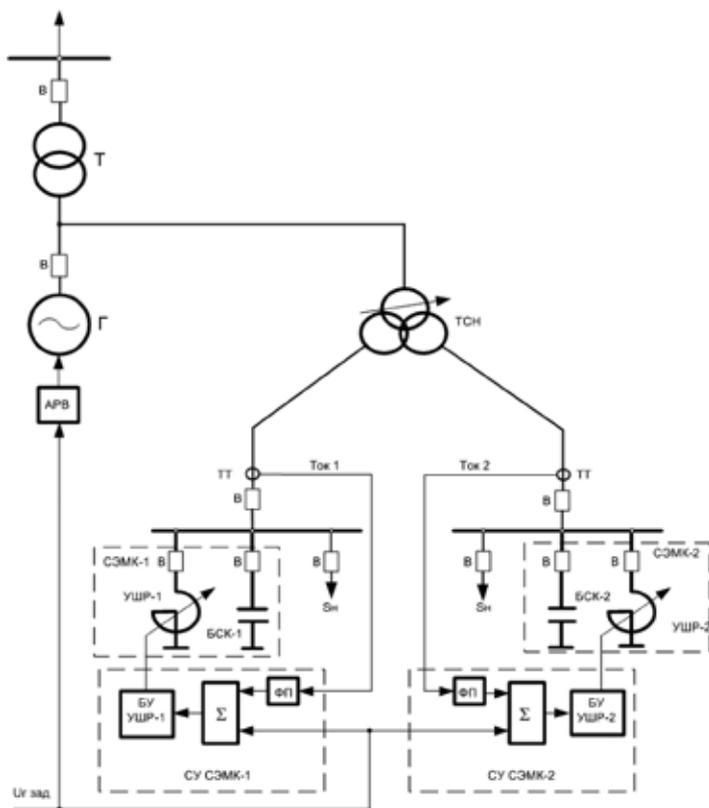


Рис. 1. Принципиальная схема подключения СЭМК к шинам СН энергоблока. Т – повышающий трансформатор, В – выключатель, Г – генератор, АРВ – автоматический регулятор возбуждения генератора, ТСН – трансформатор собственных нужд энергоблока, ТТ – трансформатор тока, СЭМК – статический электромагнитный компенсатор реактивной мощности, УШР – управляемый шунтирующий реактор, БСК – батарея статических конденсаторов, S_{Σ} – полная мощность нагрузки собственных нужд энергоблока, СУ СЭМК – система управления СЭМК, БУ УШР – блок управления УШР, S – сумматор, ФП – измерительный функциональный преобразователь, $U_{ГЗад}$ – уставка напряжения генератора

грузке СН энергоблока, а его реактивная мощность будет играть роль регулируемой части реактивной мощности нагрузки СН.

Система управления каждого СЭМК (СУ СЭМК) содержит [4] блок управления (БУ) УШР, сумматор (Σ) и измерительный функциональный преобразователь (ФП). Сигнал задания уставки по напряжению ($U_{Г\text{Зад}}$) поступает одновременно на вход АРВ генератора и на соответствующий вход сумматора Σ . На второй вход блока Σ поступает сигнал коррекции с выхода ФП, пропорциональный току нагрузки ТСН. Функциональный преобразователь служит для согласования задающего и корректирующего сигналов на входах блока Σ по размерности, величине и знаку. Результирующий сигнал с выхода блока Σ поступает на вход БУ УШР и определяет величину тока подмагничивания в реакторе, а, следовательно, и его рабочего тока.

При увеличении уставки $U_{Г\text{Зад}}$ под действием АРВ возрастает напряжение на выводах генератора и одновременно увеличивается рабочий ток УШР. В результате, создается дополнительная реактивная нагрузка на шинах СН энергоблока и дополнительное падение напряжения в ТСН. В случае уменьшения уставки происходит процесс, обратный описанному выше. Таким способом реализуется так называемое встречное регулирование напряжения на шинах СН энергоблока, известное в теории автоматического регулирования как регулирование по возмущению.

Увеличение (например, при пуске асинхронных двигателей в составе потребителей СН энергоблока) или уменьшение (при завершении пуска двигателей) тока ТСН блок ФП формирует корректирующий сигнал, поступающий на соответствующий вход блока Σ , который вызывает соответственно уменьшение или увеличение рабочего тока УШР. Таким путем реализуется встречная коррекция напряжения на шинах СН энергоблока по величине тока нагрузки.

При одновременном изменении тока нагрузки СН и уставки $U_{Г\text{Зад}}$ сигнал задания уставки и сигнал от ФП благодаря наличию блока Σ действуют встречно, компенсируя друг друга.

Реализация описанного способа регулирования напряжения на шинах СН требует определенного запаса мощности ТСН. Для полного использования диапазона регулирования мощности УШР в составе СЭМК и предупреждения перегрузки ТСН должны выполняться условия:

$$Q_{\text{СН}} = Q_{\text{Н}} + Q_{\text{УШР}} - Q_{\text{БСК}} \leq \sqrt{S_{\text{ТСН}}^2 - P_{\text{Н}}^2} \quad (1)$$

при полностью введенном в работу УШР и

$$Q_{\text{СН}} = Q_{\text{Н}} - Q_{\text{БСК}} \geq -\sqrt{S_{\text{ТСН}}^2 - P_{\text{Н}}^2} \quad (2)$$

при полностью выведенном УШР.

Здесь $Q_{\text{СН}}$ – номинальная реактивная мощность суммарной нагрузки СН, включая дополнительную нагрузку, создаваемую СЭМК, $P_{\text{Н}}$ и $Q_{\text{Н}}$ – номинальные активная и реактивная мощности технологической нагрузки СН энергоблока, $Q_{\text{УШР}}$, $Q_{\text{БСК}}$, $S_{\text{ТСН}}$ – номинальные мощности УШР, БСК и ТСН, соответственно. Из (1) и (2) следует, что номинальная мощность УШР в составе СЭМК должны быть не более

$$Q_{\text{УШР}} \leq 2\sqrt{S_{\text{ТСН}}^2 - P_{\text{Н}}^2} \quad (3),$$

а номинальная мощность БСК при этом

$$Q_{\text{БСК}} = Q_{\text{Н}} + 0,5Q_{\text{УШР}} \quad (4).$$

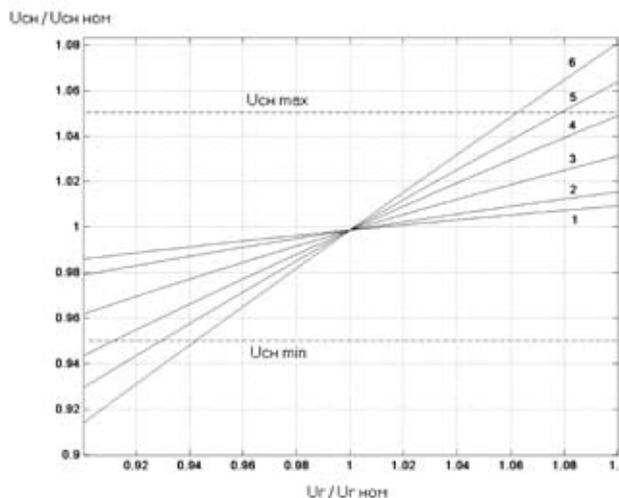


Рис. 2. Характер стабилизации напряжения на шинах СН энергоблока.

$U_{\text{сн max}}$ и $U_{\text{сн min}}$ – максимально- и минимально допустимые отклонения напряжения на шинах СН, $1 - Q_{\text{УШР}}/S_{\text{ТСН}}=1,687$, $2 - Q_{\text{УШР}}/S_{\text{ТСН}}=1,562$, $3 - Q_{\text{УШР}}/S_{\text{ТСН}}=1,250$, $4 - Q_{\text{УШР}}/S_{\text{ТСН}}=0,937$, $5 - Q_{\text{УШР}}/S_{\text{ТСН}}=0,625$, $6 - Q_{\text{УШР}}/S_{\text{ТСН}}=0,312$

В однолинейной расчетной схеме цепи собственных нужд энергоблока, напряжение на шинах СН выражается соотношением

$$\dot{U}_{\text{СН}} = \frac{\dot{U}_{\text{Г}} k_{\text{T}} z_{\text{СН}}}{k_{\text{T}} (z_{\text{ТСН}} + k_{\text{T}}^2 z_{\text{СН}})} \quad (5),$$

где $\dot{U}_{\text{СН}}$ – вектор напряжения на шинах СН энергоблока, $\dot{U}_{\text{Г}}$ – вектор напряжения на выводах генератора, $z_{\text{СН}}$ – комплексное сопротивление суммарной нагрузки СН энергоблока, включая СЭМК, $z_{\text{ТСН}}$ – комплексное сопротивление ТСН, k_{T} – коэффициент трансформации ТСН.

Выразив модули сопротивлений в расчетной схеме через номинальные мощности УШР, БСК и ТСН и положив

$$\frac{U_{\text{СН}}}{U_{\text{СНном}}} = \alpha_{\text{СН}}, \quad \frac{U_{\text{Г}}}{U_{\text{Гном}}} = \alpha_{\text{Г}},$$

выражение (5) можно привести к виду:

$$\alpha_{\text{СН}} = \alpha_{\text{Г}} \frac{1}{\sqrt{1 + u_{\text{k}}^2 \frac{P_{\text{Н}}^2 + Q_{\text{СН}}^2}{S_{\text{ТСН}}^2} + 2u_{\text{k}} \frac{Q_{\text{СН}}}{S_{\text{ТСН}}}}} \quad (6)$$

где u_{k} – напряжение короткого замыкания ТСН.

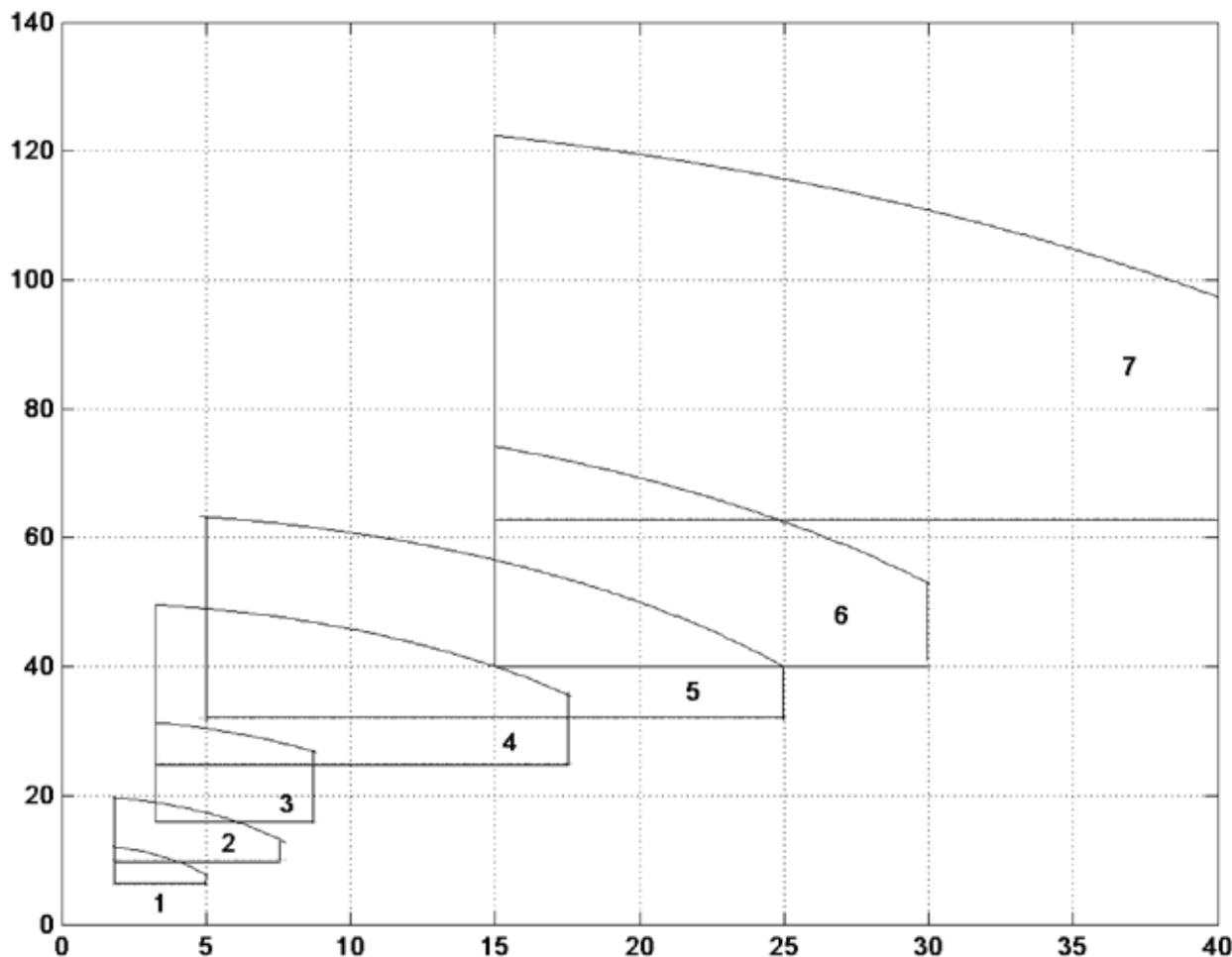
Для полного использования диапазона регулирования УШР в процессе вторичного регулирования потребляемая им мощность должна изменяться в диапазоне от номинальной ($Q_{\text{УШР}}$) до мощности холостого хода. С другой стороны, в рассматриваемой схеме управления УШР (рисунок 1) его рабочий ток пропорционален $U_{\text{ГЗад}}$ на входе АРВ генератора. С учетом этих двух обстоятельств и соотношений (3) и (4) выражение (6) после тождественных преобразований принимает вид:

$$\alpha_{\text{СН}} = \alpha_{\text{Г}} \frac{1}{\sqrt{1 + u_{\text{k}}^2 \frac{P_{\text{Н}}^2 + [k_{\text{Q}} Q_{\text{УШР}} (\alpha_{\text{Г}} - 1)]^2}{S_{\text{ТСН}}^2} + 2u_{\text{k}} \frac{k_{\text{Q}} Q_{\text{УШР}} (\alpha_{\text{Г}} - 1)}{S_{\text{ТСН}}}}} \quad (7).$$

Из выражения (7) видно, что напряжение на шинах СН энергоблока зависит как от напряжения на выводах генератора, так и от соотношения номинальных мощностей УШР и ТСН ($Q_{\text{УШР}}/S_{\text{ТСН}}$).

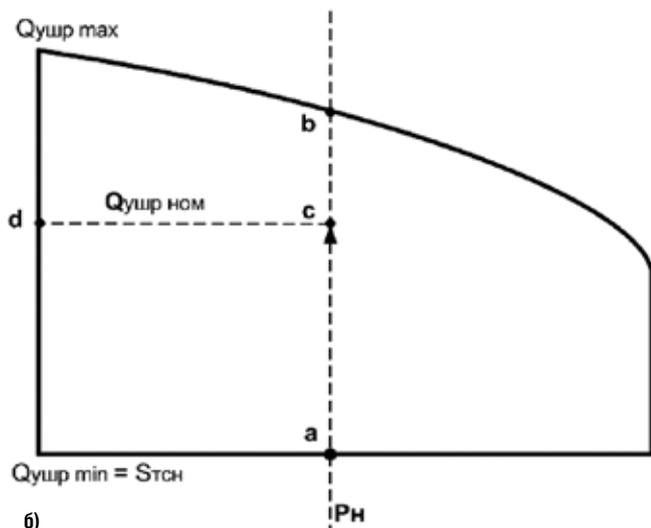
На рисунке 2 показан характер изменения напряжения на шинах СН энергоблока мощностью 100 МВт, оснащенного ТСН но-

Q_{ушр} МВА



а)

P_н МВт



б)

Рис. 3. а) – области допустимых номинальных мощностей УШР в составе СЭМК.
1 – STCH=6,3 МВ.А; 2 – STCH=10,0 МВ.А; 3 – STCH=16,0 МВ.А; 4 – STCH=25,0 МВ.А;
5 – STCH=32,0 МВ.А; 6 – STCH=40,0 МВ.А; 7 – STCH=60,0 МВ.А;
б) – к выбору номинальной мощности УШР

минальной мощностью 16 МВА, при регулировании напряжение на выводах генератора в диапазоне $0,9 \leq \alpha_r \leq 1,1$. Здесь можно видеть, что относительное напряжение на шинах СН энергоблока изменяется почти линейно с изменением напряжения на выводах генератора. Степень стабилизации напряжения на шинах СН энергоблока характеризуется наклоном кривых 1–6, который определяется соотношением мощностей УШР и ТСН. При $Q_{ушр}/S_{тсн} > 0,937$ напряжение на шинах СН энергоблока не выходит за нормированные пределы [2] почти во всем принятом диапазоне изменения напряжения на выводах генератора. При $Q_{ушр}/S_{тсн} < 0,937$ для поддержания напряжения на шинах СН в нормативных пределах необходимо уменьшить допустимый диапазон изменения напряжения на выводах генератора, т.е. уменьшается регулировочная способность энергоблока в системе централизованного вторичного регулирования напряжения в энергосистеме. Таким образом, с учетом (3) номинальную мощность УШР целесообразно выбирать в диапазоне

$$S_{тсн} \leq Q_{ушр} \leq 2\sqrt{S_{тсн}^2 - P_n^2} \quad (8)$$

Количественно степень стабилизации напряжения на шинах СН энергоблока может характеризоваться коэффициентом

Таблица. Диапазоны нагрузки СН и номинальные мощности ТСН энергоблоков

Номинальная мощность генератора, МВт	Номинальная мощность рабочего трансформатора собственных нужд, МВА	Мощность технологической нагрузки собственных нужд МВт			
		ТЭЦ		КЭС	
		Твердое топливо	Газ – мазут	Твердое топливо	Газ – мазут
63	6,3 10,0	5,0–8,8	3,1–4,4	3,8–5,0	1,9–3,1
110	10,0 16,0 25,0	8,8–15,4	5,5–7,7	6,6–8,8	3,3–5,5
160	16,0 25,0 32,0	12,8–22,4	8,0–11,2	9,6–12,8	4,8–8,0
220	25,0 32,0	17,6–30,0	11,0–15,4	13,2–17,6	6,6–11,0
330	25,0 32,0	20,0–30,0	16,0–22,6	19,2–25,6	9,6–16,0
500	32,0 40,0 63,0	30,0–60,0	29,0–35,0	30,0–40,0	15,0–25,0

$$K_1 = \frac{\alpha_{\text{СН}}^{\text{max}} - \alpha_{\text{СН}}^{\text{min}}}{\alpha_{\text{Г}}^{\text{max}} - \alpha_{\text{Г}}^{\text{min}}},$$

который показывает, что при изменении уставки на входе АРВ генератора диапазон изменения напряжения на шинах СН энергоблока тем меньше, чем меньше величина K_1 .

Для приведенных в таблице нагрузок СН [5] и номинальных мощностей рабочих ТСН, применяемых в энергоблоках мощностью 63–500 МВт, области допустимых в соответствии с (8) номинальных мощностей УШР в составе СЭМК показаны на рисунке 3а.

С учетом вышеизложенного может быть предложена следующая процедура выбора номинальной мощности УШР в составе СЭМК для СН энергоблока в конкретном случае.

1. Для номинальной мощности ТСН энергоблока на рисунке 3а выбрать соответствующую область допустимых значений $Q_{\text{УШР}}$.

2. В этой области (см. рисунок 3б) отрезок (*ab*) вертикальной линии РН, соответствующей номинальной активной мощности СН энергоблока, определяет допустимый диапазон значений номинальной мощности УШР в данном конкретном случае. На отрезке (*ab*) следует выбрать точку (*c*), соответствующую или кратную номинальной мощности УШР (*cd*) из ряда промышленно выпускаемых аппаратов.

3. Номинальная мощность БСК в составе СЭМК определяется по формуле (4), а степень стабилизации напряжения на шинах СН энергоблока, которую будет обеспечивать выбранный таким образом УШР, определяется по зависимости $K_1 = (Q_{\text{УШР ном}} / S_{\text{ТСН}})$, представленной на рисунке 2.

ВЫВОДЫ

С развитием электроэнергетических систем возрастает актуальность и сложность задачи вторичного регулирования напряжения и потоков реактивной мощности в них.

Основными управляемыми источниками реактивной мощности в электроэнергетических системах остаются генераторы электростанций, однако их участие в автоматическом вторичном регулировании напряжения ограничено допустимыми пределами отклонения напряжения на шинах, питающих оборудование собственных нужд электростанций.

Один из способов преодоления этого ограничения может быть связан с применением технологий FACTS в электрических сетях собственных нужд электростанций. В частности предлагается подключение к шинам собственных нужд энергоблоков нагрузки-регулятора в виде статических электромагнитных компенсаторов реактивной мощности, образуемых параллельным соединением управляемых шунтирующих реакторов с подмагничиванием и батареей статических конденсаторов.

Для генераторов номинальной мощностью от 63 до 500 МВт включительно установленная мощность предлагаемой нагрузки-регулятора должна составлять соответственно 5÷40 МВА.

Помимо расширения диапазона регулирования нагрузки электростанции по реактивной мощности, применение статических электромагнитных компенсаторов реактивной мощности повысит стабильность напряжения в сети ее собственных нужд, улучшит условия пуска асинхронных двигателей.

Для реализации рассмотренного способа расширения регулировочных возможностей энергоблоков их рабочие трансформаторы собственных нужд должны иметь соответствующие запасы мощности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горожанкин П.А., Майоров А.В., Макаровский С.Н., Рубцов А.А. Управление напряжением и реактивной мощностью в электроэнергетических системах. Европейский опыт. Электрические станции, № 6, 2008.

2. ГОСТ 13109-97 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах. Электроснабжения общего назначения.

3. ГОСТ 533-2000 Машины электрические вращающиеся. Турбогенераторы.

4. Макаровский С.Н., Подъячев В.Н. Энергоблок с расширенным диапазоном регулирования. Патент на изобретение № 2352053.

5. Справочник по проектированию электроэнергетических систем. Под редакцией С.С. Рокотяна и И.М. Шапиро. М. 1985.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ПРОВОДОВ С ПОВЫШЕННОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТЬЮ

НЕПОМНЯЩИЙ В.А., академик РАН, д.э.н., профессор, почетный регулятор естественных монополий РФ

Развитие электроэнергетики в России, особенно электроснабжения крупных городов, промышленных зон и комплексов, нагрузок культурно-социального и коммунально-бытового характера приводит к росту плотности электрических нагрузок. Это в свою очередь вызывает и необходимость увеличения пропускной способности электрических сетей и повышения надежности электроснабжения. Традиционное решение этой комплексной проблемы может столкнуться с двумя ограничивающими факторами: трудностями с отводом земель под строительство новых линий электропередачи и высокой стоимости этих отводов. Последний фактор может заметно повлиять на повышение стоимости строительства новых ЛЭП. Задачи увеличения пропускной способности ЛЭП и в определенной мере повышения их надежности могут быть решены путем замены традиционных проводов марки АС, АСО специальными композитными проводами марок ЗМТМ АССР, АААСЗ, ААССЗ, АЕРО-Z и др. [1, 2].

Указанные марки проводов по сравнению со стандартными обладают рядом преимуществ, которые можно проследить на примере провода АЕРО-Z [2]:

- возможность использования проводов с большими сечениями при том же удельном весе приводит к решению проблемы перегрузок ВЛ и снижению тепловых потерь при транспортировке электроэнергии;
- снижение «пляски» проводов;
- возможность использования существующей арматуры при монтаже;
- значительное снижение аэродинамического коэффициента;
- практически полное предотвращение внутренней коррозии провода;
- снижение вероятности обрыва провода при нанесении ему повреждений в результате внешних воздействий;

- снижение уровня усталости металла в проводе и следовательно увеличение жизненного цикла за счет самогашения колебаний;

- решение проблемы обледенения и налипания снега на провода.

Характеристики провода АЕРО-Z приведены в таблице 1.

Все указанные выше факторы объективно приводят к снижению повреждаемости проводов ЛЭП (обрывы, «пляска проводов», гололед и др.) и линий электропередач в целом.

Исследование структуры отказов ВЛ 110–500 кВ со стандартными проводами, составленной на основе [3] и приведенной в табл. 2, показало, что наибольший удельный вес в повреждаемости ВЛ приходится на провода и грозозащитные тросы (гололед, «пляска проводов», обрывы и др.) и составляет до 52 % всех устойчивых отказов ЛЭП.

Таблица 1. Сопоставление характеристик стандартного провода АС-240 и проводов АЕРО-Z

Марка	Диаметр, мм	Сечение, кв. мм	Сопротивление, ом/км	Разрывное усилие, кг	Масса, кг/км
АС 240/56	22,4	241/56,3 (100 %)	0,1218	9778	1106
АЕРО-Z 346-2Z	22,4	345,65 (143 %)	0,0974	11132	958
АЕРО-Z 366-2Z	23,1	366,13 (151 %)	0,0919	11617	1024

Таблица 2. Структура удельной повреждаемости (устойчивые отказы) ВЛ 110–500 кВ со стандартными проводами марки «АС» (откл./100 км в год)

Элементы ВЛ	Структура отказов, %
Опоры	13
Провода и тросы	52
Изоляторы	31
Арматура	4
Итого	100

Таблица 3. Показатели надежности ВЛ 110–220 кВ со стандартными и композитными проводами (оценка)

Показатели надежности ПЭП	Параметр потока устойчивых отказов, откл/100 км	Параметр потока самовосстанавливающихся отказов, откл/100 км	Среднее время восстановления устойчивых отказов, час/откл	Вероятность аварийного состояния ЛЭП, отн. ед/100 км
ВЛ 110 кВ со стандартными проводами	1,28	3,21	4,38	0,000640
ВЛ 220 кВ со стандартными проводами	0,56	2,42	5,87	0,000375
ВЛ 110 кВ с композитными проводами	0,96	3,21	4,38	0,000421
ВЛ 220 кВ с композитными проводами	0,42	2,42	5,15	0,000247
Коэффициент снижения повреждаемости ВЛ с композитными проводами относительно ВЛ со стандартными проводами, отн. ед.				0,25

Таблица 4. Технические и электрические характеристики композитных усиленных проводов ACCR и ACCR-TW

Марка и сечение провода, мм ²	ACCR			ACCRACCR-TW						
	150	172	205	242	286	337	387	486	523	587
Масса, кг/км	501	573	684	801	947	1111	1280	1600	1672	1879
Активное сопротивление, Ом/км при температуре 20 °С	0,183	0,160	0,134	0,113	0,096	0,081	0,071	0,057	0,053	0,047
Индуктивное сопротивление, Ом/км	0,312	0,308	0,302	0,302	0,297	0,292	0,288	0,281	0,281	0,278
Емкостное сопротивление, МоМ·км	0,2725	0,2686	0,636	0,2636	0,589	0,2541	0,2504	0,2442	0,2431	0,2395
Токовая нагрузка при t=210 °С, А	896	979	1100	1148	1284	1427	1564	1831	1885	2035

Поэтому можно ожидать, что применение описанных выше специальных проводов снизит повреждаемость проводов и тросов по крайней мере вдвое (увеличение механической прочности проводов, 2,5–3,0-кратное повышение длительно допустимой температуры проводов и, соответственно, их токовой нагрузки, что препятствует налипанию снега и образованию гололеда).

Это обусловит уменьшение удельного числа устойчивых отказов ЛЭП, примерно, на 20–25 %.

Сравнение показателей надежности ВЛ 110–220 кВ со стандартными и композитными проводами приведены в табл. 3.

В табл. 4 и на рис.1 приведены технические и электрические характеристики композитных проводов марок ACCR и ACCR-TW сечением 150–587 мм².

Сравнение электрических характеристик композитных и стандартных проводов показывает, что при сопоставимых сечениях индуктивные сопротивления отличаются на 25–30 %, а активные сопротивления у композитных проводов на 7–8 % ниже, чем у стандартных. Наибольшее же отличие наблюдается в области предельных токовых нагрузок. У композитных проводов за счет трехкратного повышения предельно допустимой температуры провода предельные токовые нагрузки возрастают в 1,9–2 раза.

Электрические характеристик стандартных проводов марки АС представлены на рис. 2, соотношения этих

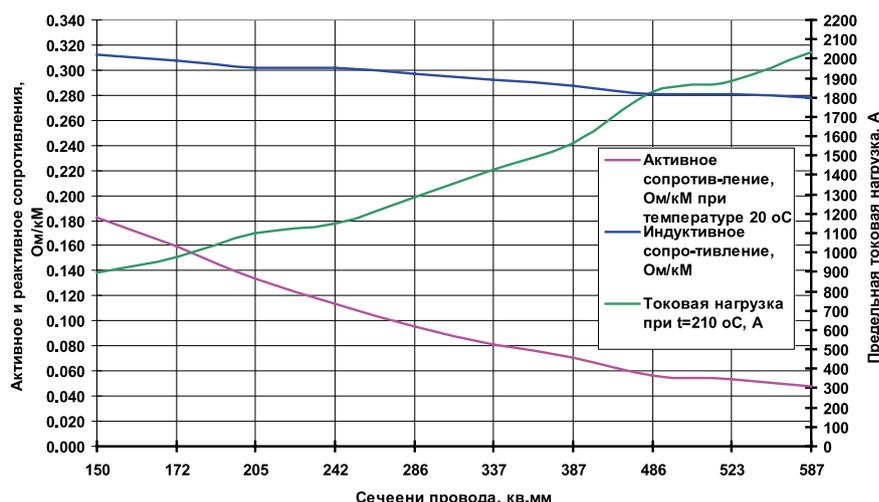
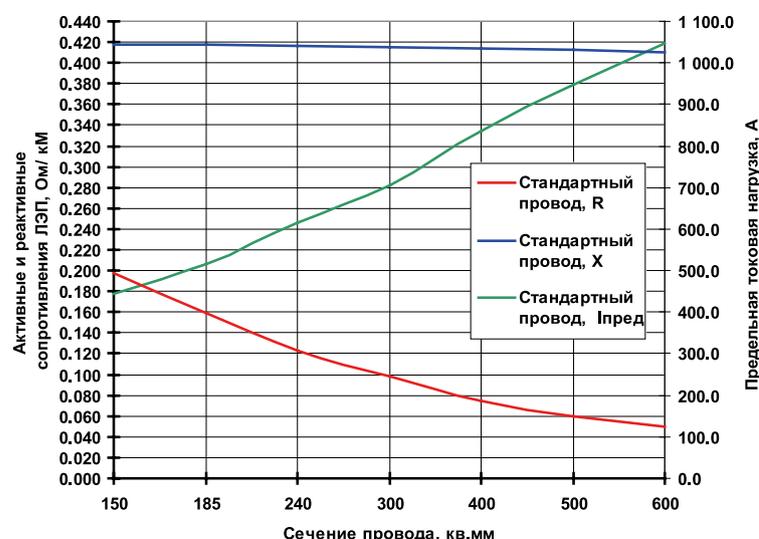
**Рис. 1.** Электрические характеристики композитных проводов ACCR и ACCR-TW**Рис. 2.** Зависимость электрических характеристик ВЛ 110–220 кВ со стандартными проводами от сечения провода

Таблица 5. Уравнения регрессии для определения электрических характеристик композитных и стандартных проводов ВЛ

Наименования	Уравнение регрессии	Среднеквадратичное отклонение, отн. ед.	
Композитный провод типа ACCR	Активное сопротивление, Ом/ км	$R=27,407/F$ (мм ²)	0,004
	Индуктивное сопротивление, Ом/ км	$X=0,437-0,025\ln(F(\text{мм}^2))$	0,004
	Ёмкостная генерация ВЛ, МВАр/км	$Q_{\text{ВЛ}}^C=U_{\text{кв}}^2 \cdot 10^{-6}/[0,392-0,024\ln F(\text{мм}^2)]$	0,004
	Предельная токовая нагрузка, А	$I_{\text{пред}}=11,147F(\text{мм}^2)^{0,791}+318,747$	0,014
Композитный провод типа AERO-Z	Активное сопротивление, Ом/ км	$R=33,519/F$ (мм ²)	0,004
	Индуктивное сопротивление, Ом/ км	$X=0,4207 e^{-0,00004042F}(\text{мм}^2)$	0,004
	Ёмкостная генерация ВЛ, МВАр/км	$Q_{\text{ВЛ}}^C=U_{\text{кв}}^2 \cdot 10^{-6}/[0,392-0,024\ln F(\text{мм}^2)]$	0,004
	Предельная токовая нагрузка, А	$I_{\text{пред}}=11,147F(\text{мм}^2)^{0,791}+318,747$	0,004
Стандартный провод	Активное сопротивление, Ом/ км	$R=37,74/F$ (мм ²) ^{-1,054} +0,569·10 ⁻³	0,014
	Индуктивное сопротивление, Ом/ км	$X=0,4207 e^{-0,00004042F}(\text{мм}^2)$	0,018
	Ёмкостная генерация ВЛ, МВАр/км	$Q_{\text{ВЛ}}^C=U_{\text{кв}}^2 \cdot 10^{-6}/[0,152-0,026\ln F(\text{мм}^2)]$	0,004
	Предельная токовая нагрузка, А	$I_{\text{пред}}=119,733F(\text{мм}^2)^{0,389}+395,0$	0,007
Потери на корону в ВЛ 220 кВ, МВт/100 км (для всех типов проводов)		$\Delta P_{\text{кор}}=0,4596e^{-0,0026F(\text{мм}^2)}$	0,0087

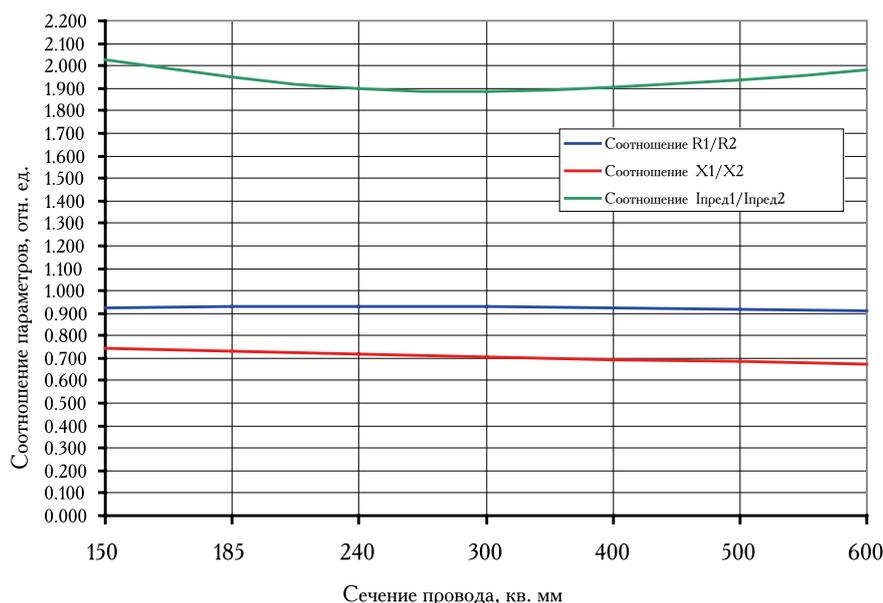


Рис. 3. Соотношение электрических параметров ВЛ 110–220 кВ с композитными (1) и стандартными (2) проводами

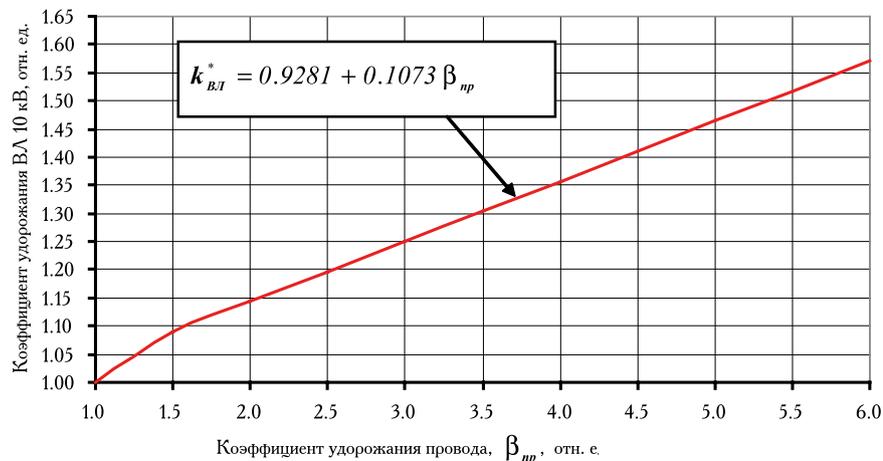


Рис. 4. Зависимость стоимость ВЛ 110 кВ от стоимости провода

параметров для композитных и стандартных проводов иллюстрируются графиками на рис. 3.

Зависимости электрических характеристик композитных и стандартных проводов ЛЭП от сечения провода, приведенные на рис. 1 и 2, с достаточно высокой точностью можно описать уравнениями регрессии, представленными в табл. 5.

Таким образом, применение при сооружении ВЛ композитных проводов имеет ряд положительных факторов:

1. снижение повреждаемости ЛЭП, примерно, на 20–25 %;
2. повышение пропускной способности ЛЭП по току в 1,9–2,0 раза;
3. снижение активного и индуктивного сопротивления ЛЭП на 10 и 30 %.

Единственным и самым серьезным недостатком композитных проводов марок ЗМТМ ACCR, AACZ, AACSZ, AERO-Z и др. является их высокая стоимость, в 4–6 раз превышающая стоимость стандартных проводов марки АС, что существенно удорожает строительство линий электропередачи. Кроме этого, при замене стандартных проводов композитными с повышенной пропускной способностью надо будет заменить при необходимости и коммутационную аппаратуру на выключатели и трансформаторы тока с повышенными номинальными параметрами (разрывной мощностью, предельно отключаемыми т.к.з. и т.п.), соответствующими новым условиям их работы.

Для оценки стоимости ВЛ с композитными проводами повышенной пропускной способности были проанализированы сметы на строительство таких ЛЭП и линий электропередачи со

Таблица 6. Экономическая модель для оценки стоимости воздушных линий электропередачи при замене стандартных проводов специальными

Наименования	Сметная стоимость тыс. руб./кМ (в ценах 2001 г.)	Структура сметная стоимость, %% (в ценах 2001 г.)	Сметная стоимость % тыс. руб./кМ (в ценах 2001 г.)	Структура сметная стоимость, %% (в ценах 2001 г.)	Изменение стоимости ЛЭП, %%	Модель стоимости ЛЭП 110 кВ при удорожаниях провода	Коэффициент удорожания ЛЭП, отн. ед.
Марка и сечение провода ЛЭП	АС-240		АААС-243				
Стоимость ВЛ 110 кВ с проводом АС-240,	1338,5	100,00	1557,7	100,00	116,4	2104,0	1,572
в том числе:							
провода, арматура и изоляция	350,2	26,17	569,4	36,55	162,6	1115,7	3,186
из них: провода	141,8	10,59	311,3	19,99	219,6	850,5	6,000
подвеска проводов	50,3	3,76	68,6	4,40	136,3	68,6	1,363
протяжка лидер-троса	0,0	0,00	27,9	1,79	xxx	27,9	
арматура	44,8	3,34	48,3	3,10	107,8	55,3	1,235
ограничители перенапряжения	78,7	5,88	78,7	5,05	100,0	78,7	1,000
изоляция	34,7	2,59	34,7	2,23	100,0	34,7	1,000
опоры, фундамент и проч.	988,3	73,83	988,3	63,45	100,0	988,3	1,000
Коэффициент удорожания стоимости провода, отн. ед.							6,000

Таблица 7. Экономическая модель для оценки стоимости реконструкции воздушных линий электропередачи при замене стандартных проводов специальными

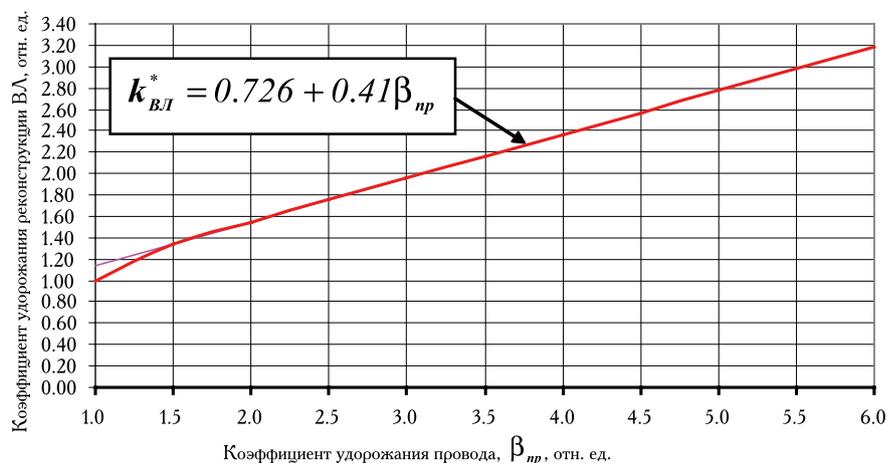
Наименования	Сметная стоимость, тыс. руб./кМ (в ценах 2001 г.)	Структура сметная стоимость, %% (в ценах 2001 г.)	Сметная стоимость, тыс. руб./кМ (в ценах 2001 г.)	Структура сметная стоимость, %% (в ценах 2001 г.)	Изменение стоимости ЛЭП, %%	Модель реконструкции ЛЭП 110 кв при удорожаниях провода	Коэффициент удорожания ЛЭП, отн. ед.
Марка и сечение провода ЛЭП	АС-240		АААС-243				
Стоимость реконструкции ВЛ 110 кВ с проводом АС-240,	350,2	100,00	569,4	100,00	162,6	1115,7	3,186
в том числе:							
провода, арматура и изоляция	350,2	100,00	569,4	100,00	162,6	1115,7	3,186
из них: провода	141,8	40,48	311,3	54,68	219,6	850,5	6,000
подвеска проводов	50,3	14,38	68,6	12,5	136,3	68,6	1,363
протяжка лидер-троса	0,0	0,00	27,9	4,90	xxx	27,9	
арматура	44,8	12,78	48,3	8,48	107,8	55,3	1,235
ограничители перенапряжения	78,7	22,48	78,7	13,82	100,0	78,7	1,000
изоляция	34,7	9,90	34,7	6,09	100,0	34,7	1,000
Коэффициент удорожания стоимости провода, отн. ед.							6,000

стандартными проводами марки АС и составлена экономическая модель, позволяющая оценивать стоимость ВЛ при использовании композитных проводов и представленная в табл. 6.

Результаты расчетов по этой модели иллюстрируются графиком на рис. 4, из которого следует, что при удорожании провода в диапазоне 1,5–6,0 стоимость одноцепной ВЛ может увеличиться в 1,09–1,57 раза.

Модель для оценки стоимости реконструкции ВЛ с заменой стандартных проводов на композитные представлена в табл. 7, а результаты расчетов – на рис. 5.

Поэтому применение композитных проводов на линиях электропередачи

**Рис. 5.** Стоимость реконструкции ВЛ 110 кВ с заменой стандартного провода на композитный провод с повышенной пропускной способностью

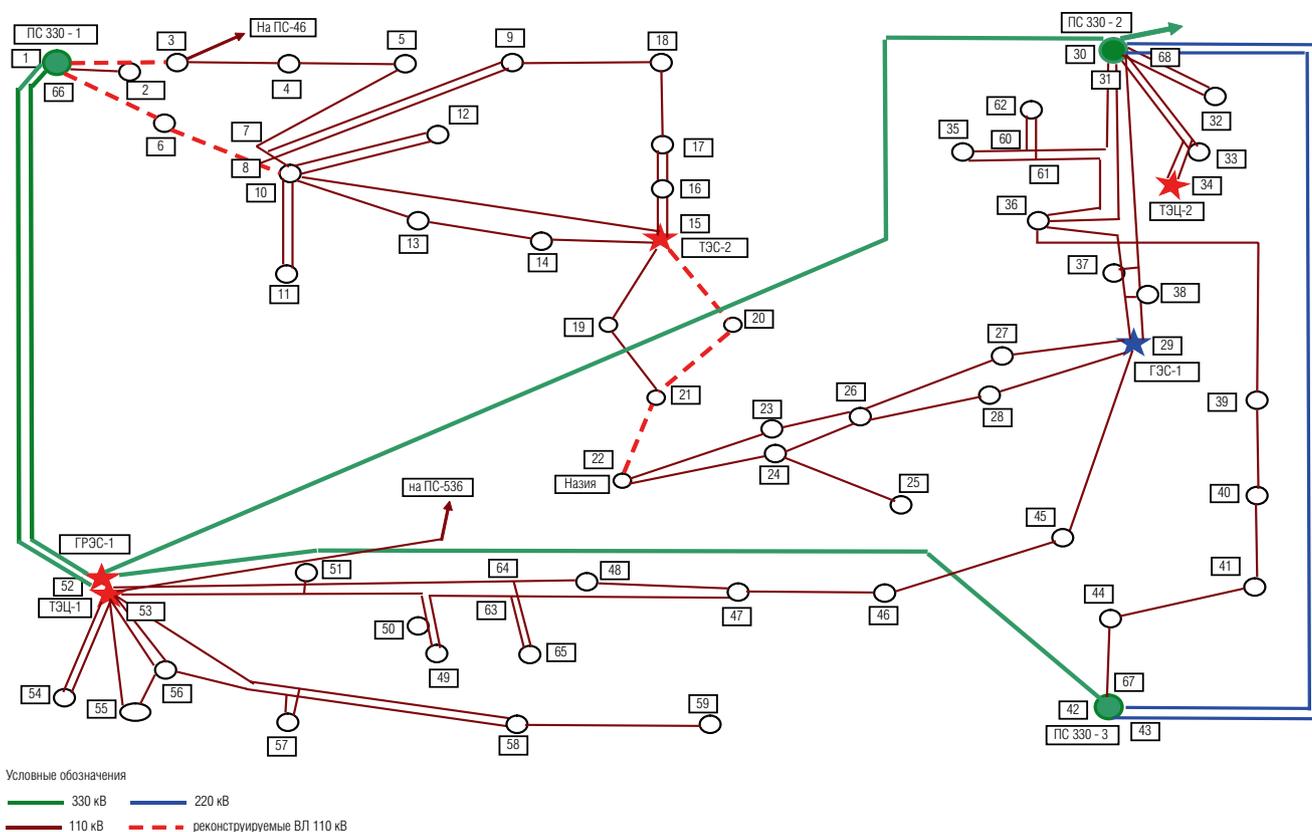


Рис. 6. Схема электрических сетей 330–220–110 кВ

Таблица 8. Характеристики перегруженных действующих ВЛ 110 кВ, коэффициенты перегрузки по току, замещающие композитные провода марки «АССЕ»

Узлы, соединяемые ветвями схемы	Протяженность ВЛ, км	Сечение провода марки «АС»	Коэффициент перегрузки ВЛ по току, %	Сечение композитных проводов марки «АССЕ»
2–3	1,1	300	39,0	291
6–8	6,5	240	27,0	238
6–66	3,8	240	40,0	238
8–10	2,5	240	12,0	238
15–20	6,9	150	17,0	150
20–21	12,2	150	2,0	150
21–21	12,9	150	52,0	150

требует специальных технико-экономических обоснований, учитывающих все основные аспекты системного эффекта от использования этих проводов.

Из рис. 5 следует, что при удорожании провода в диапазоне 1,5–6,0 стоимость реконструкции одноцепной ВЛ может увеличиться в 1,34–3,19 раза.

МЕТОДИКА ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ПРОВОДОВ С ПОВЫШЕННОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТЬЮ

Разработка этой методики включает в себя решение следующих задач:

- формирование схемы развития рассматриваемого сетевого района и определение потокораспределения мощности по линиям электропередачи;

- определение предельной пропускной способности расчетной схемы;
- расчет надежности расчетной схемы сети, определение вероятного среднегодового недоотпуска электроэнергии и ущерба потребителям;
- увеличение пропускной способности потенциально перегружаемых в нормальных и аварийных режимах линий электропередачи с использованием проводов повышенной пропускной способности;
- расчет надежности расчетной схемы сети с ЛЭП повышенной пропускной способности и надежности, определение вероятного среднегодового недоотпуска электроэнергии и ущерба потребителям;
- определение потребности в устройствах компенсации реактивной мощности для регулирования напряжения в сети с ЛЭП повышенной пропускной способностью;
- оценка потребных инвестиций, изменения эксплуатационных издержек и снижения ущерба от нарушений электроснабжения в сети с элементами повышенной пропускной способности;
- определение срока окупаемости инвестиций в строительство (реконструкцию) ЛЭП с повышенной пропускной способностью с учетом дополнительных расходов на компенсацию реактивной мощности в узлах сети, изменения эксплуатационных издержек и снижения ущерба от нарушений электроснабжения.

Решение этих задач может быть реализовано с помощью программно-вычислительного комплекса «Релекс–2010» (Reliability & Economics – 2010).

Таблица 9. Сводные показатели надежности и потерь электроэнергии в действующих и реконструированных сетях 110 кВ

Варианты	Вероятность аварийного режима работы, $Q_{\text{сист.}}$ отн. ед	Среднегодовая частота аварийных режимов работы сети, 1/год	Вероятность режима с ограничением нагрузки потребителей, $Q_{\text{огр.}}$ отн. ед.	Средний недоотпуск электроэнергии по системе, $\Delta Z_{\text{сист.}}$ млн. кВтч	Ущерб от недоотпуска электроэнергии потребителям, $Z_{\text{ущ.}}$ млн. руб	Потери мощности в сетях расчетной схемы, МВт	Потери электроэнергии в сетях расчетной схемы, млн. кВтч
Вариант 1. Действующая сеть и современные нагрузки	0,003349	10,607	0,00204	0,89	167,200	27,21	110,33
Вариант 2. Действующая сеть и двукратный рост нагрузок	0,003349	10,607	0,002647	16,63	9707,564	150,06	540,30
Вариант 3. В действующей сети реконструировано 7 ВЛ с заменой проводов на композитные. Двукратный рост нагрузки	0,003329	10,561	0,002375	11,87	3473,250	148,81	535,92
Эффект от использования композитных проводов	0,000020	0,046	0,000272	4,76	6234,31	1,25	4,38

Рассмотрим применение этой методики на конкретной электрической сети 110 кВ, схема которой представлена на рис. 6.

Рассматриваемый сетевой район охватывает сети напряжением 330–220–110 кВ. Максимальная нагрузка этого района составляет 3430 МВт, состав потребителей разносторонний: машиностроение, нефтепереработка, химия, стройиндустрия, цветная металлургия, сельское хозяйство, электрифицированный железнодорожный транспорт, коммунально-бытовая нагрузка.

При указанной выше нагрузке нормальный режим электрических сетей проходит без перегрузок ЛЭП 330–110 кВ, максимальные потери мощности и электроэнергии в сетях составляют 27,21 МВт и 110,33 млн. кВтч.

Этой схеме сети и максимальной нагрузке соответствуют следующие показатели надежности:

1. Вероятность аварийных режимов сети 110 кВ – 0,003349 (29,3 час/год);
2. Вероятность ограничений потребителей – 0,000204 (1,79 час/год);
3. Среднегодовой недоотпуск электроэнергии – 0,89 млн. кВтч/год;

4. Ущерб потребителям от нарушений электроснабжения – 167,2 млн. руб./год (средний удельный ущерб – 187,9 руб./кВтч).

В течение пятилетней перспективы ожидается двукратный рост нагрузок потребителей до 6060 МВт, и если при этом сохранить действующую сеть неизменной, то при максимальных нагрузках будут наблюдаться перегрузки по току семи ЛЭП 110 кВ общей протяженностью 46 км (см. рис. 6 и табл. 8).

Результаты расчетов надежности сети 110 кВ после реконструкции указанных в табл. 8 ЛЭП с заменой стандартных проводов на высокотемпературные с повышенной пропускной способностью показатели надежности схемы и потерь электроэнергии в сетях 330–110 кВ представлены в табл. 9.

Из приведенных в этой таблице данных видно, что технический эффект от применения композитных проводов с повышенной пропускной способностью привел к следующим результатам:

1. Реконструкция 46 км ВЛ 110 кВ из входящих в расчетную схему 997 км (или 4,6 %) привела к снижению повреждаемости ЛЭП на 0,47 %, а снижение вероятности ограни-

чений нагрузок при этом составило 2,4 час/год, или 10,27 % от значения в дореконструктивный период (23,2 час/год).

2. Среднегодовой ущерб потребителям электроэнергии снизился на 6234,3 млн. руб., или на 64,2 %, от значения в дореконструктивный период;

3. Потери электроэнергии в расчетной схеме сети уменьшились на 1,25 МВт и 4,28 млн. кВтч (0,86 % от исходного значения).

4. Анализ уровней напряжения в узлах в нормальном электрическом режиме работы сети показал, что реконструкция намеченных ВЛ 110 кВ с заменой стандартных проводов на композитные не потребует установки специальных источников реактивной мощности.

Для оценки экономической эффективности применения композитных проводов с повышенной пропускной способностью были использованы литературные [5, 6] и проектные данные.

Согласно разработок ОАО «Южэнергосетьпроект» удельная стоимость реконструкции ВЛ 110 кВ с заменой проводов составляет 350,2 тыс. руб./км, что составляет 26,2 % от полной стоимости ЛЭП. При применении композитных проводов марки ACCR или AERO-z в зависимости от стоимости провода удельные капиталовложения в реконструкцию могут существенно возрасти (см. рис. 5). В нашем случае при принятом пятикратном удорожании провода ACCR относительно стандартного АС удельные капиталовложения в реконструкцию ВЛ 110 кВ составят 972,1 тыс. руб./км, а если условно принять прохождение реконструируемых ЛЭП по территории промышленной застройки или селитебной территории, то согласно [6, табл. 9] следует ввести коэффициент удорожания ЛЭП, равный 1,7. Демонтаж действующих ЛЭП 110 кВ в соответствии с [6, табл. 34] составляет 6,36 тыс. руб./км. С учетом этих факторов удельные капиталовложения в реконструкцию ВЛ 110 кВ с применением композитных проводов будут равны:

$$k_{\text{ВЛ}}^{\text{уд}} = (350,2 \times 1,77 + 6,36) \times 1,70 = 1659,9 \text{ тыс. руб./км.} \quad (1)$$

Полные капиталовложения в реконструкцию, включая, замену выключателей на более мощные, составят:

$$K_{\text{ВЛ}}^{\text{рек}} = k_{\text{ВЛ}}^{\text{уд}} \times \sum_i^m L_{\text{ВЛ}}^{\text{рек}}(i) + 2mk_{\text{ЭГВ}}, \text{ млн. руб.,} \quad (2)$$

где $\sum_i^m L_{\text{ВЛ}}^{\text{рек}}(i)$ – снижению суммарной повреждаемости реконструируемых ВЛ;

$k_{\text{ЭГВ}}$ – стоимость элегазового выключателя ($k_{\text{ЭГВ}} = 7,3$ млн. руб.).

Таблица 10. Расчет экономической эффективности применения

Наименования	Удельные капиталовложения в демонтаж и реконструкцию ВЛ с композитными проводами, тыс. руб./кМ	Инвестиции в реконструкцию 46 кМ ВЛ 110 кВ, млн. руб. (коэф. удорожания 2.78)	Удельные эксплуатационные затраты с амортизацией, отн. ед.	Эксплуатационные затраты, млн. руб	Суммарная величина ежегодных расходов при рентабельности к себестоимости 30 %, млн. руб.	Экономия от применения композитных проводов, млн. руб		Суммарный эффект от применения композитных проводов, млн. руб. (7+8-6)
						Снижение ущерба от ненадежности	Снижения стоимости потерь энергии при цене 0.55 руб/кВтч	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Применение композитных проводов при реконструкции ВЛ 110 кВ	1659,9	76355,4	0,058	4428,6	5757,2	6234,3	2,4	479,5

Эксплуатационные издержки определялись на основе [5, табл. 6.1, 6.2] и составляют:

$$I_{\text{ВЛ}}^{\text{эспл}} = (0,05 + 0,008) \times K_{\text{ВЛ}}^{\text{рек}} = 0,058 \times K_{\text{ВЛ}}^{\text{рек}}, \text{ млн. руб./год} \quad (3)$$

Полная годовая стоимость реконструктивных работ определится по одному из двух выражений:

$$S_{\text{ВЛ}}^{\text{рек}} = \beta_{\text{дох}}^{\text{инв}} \times K_{\text{ВЛ}}^{\text{рек}} \cdot 0,95 + I_{\text{ВЛ}}^{\text{эспл}}, \text{ млн. руб./год} \quad (4)$$

где $\beta_{\text{дох}}^{\text{инв}}$ – коэффициент доходности инвестиционного капитала в отн. ед.; 0,95 – коэффициент, учитывающий взаимосвязь между капиталовложениями и основными производственными фондами; или

$$S_{\text{ВЛ}}^{\text{рек}} = (1 + r_{\text{рент}}^{\text{с/с}}) \times I_{\text{ВЛ}}^{\text{эспл}}, \text{ млн. руб./год} \quad (5)$$

где $r_{\text{рент}}^{\text{с/с}}$ – рентабельность к себестоимости в отн. ед.

Экономия, получаемая в результате реконструкции ВЛ с использованием композитных проводов, будет равна сумме снижения среднегодового ущерба от нарушений электроснабжения потребителей и стоимости снижения потерь электроэнергии в сетях:

$$E_{\text{ВЛ}}^{\text{рек}} = \Delta V + \Delta_{\Delta\text{Э}} \times T_{\Delta\text{Э}}, \text{ млн. руб./год} \quad (6)$$

где $T_{\Delta\text{Э}}$ – тариф на потери электроэнергии в сетях, руб./кВтч;

Суммарный эффект от применения композитных проводов при реконструкции ВЛ 220–110 кВ определится по выражению:

$$E_{\text{ВЛ}}^{\text{фрек}} = E_{\text{ВЛ}}^{\text{рек}} - S_{\text{ВЛ}}^{\text{рек}}, \text{ млн. руб./год}, \quad (7)$$

Критерием эффективности реконструкции ВЛ будет положительное значение выражения (7), то есть:

$$E_{\text{ВЛ}}^{\text{фрек}} \geq 0. \quad (8)$$

Предельное значение инвестиций, которое может быть безубыточно направлено на реконструкцию ВЛ с использованием композитных проводов, будет соответствовать равенству:

$$E_{\text{ВЛ}}^{\text{фрек}} = 0. \quad (9)$$

Коэффициент эффективности инвестиций в реконструкцию ВЛ с применением композитных проводов повышенной пропускной способности будет равен отношению:

$$K_{\text{Эф}}^{\text{рек}} = E_{\text{ВЛ}}^{\text{фрек}} / K_{\text{ВЛ}}^{\text{рек}}, \text{ отн. ед.} \quad (10)$$

Результаты расчета эффективности инвестиций в реконструкцию ВЛ для рассматриваемого примера приведены в табл.10.

Этим данным соответствует коэффициент эффективности инвестиции

$$K_{\text{Эф}}^{\text{рек}} = 479,5 / 76355,4 = 0,00628 \quad (10)$$

На рис. 7 приведены взаимосвязь доходности инвестиционного капитала и рентабельности к себестоимости, а также эффекта от применения композитных проводов при реконструкции ВЛ 220–110 кВ от доходности инвестиционного капитала. Из графика следует, что критическое значение доходности инвестиционного капитала, обуславливающее нулевой эффект от реконструкции, равно 0,02368. Поэтому применять априори без серьезных экономических исследований коэффициент доходности 0,06–0,12 (как это рекомендует ФСТ в методике RAB) достаточно рискованно.

ВЫВОДЫ

Применение высокотемпературных композитных проводов для повышения надежности и пропускной способности электрических сетей 220–110 кВ не всегда однозначно дает положительный эффект и требует серьезных технико-экономических обоснований, учитывающих как наиболее влияющий технико-экономический фактор, вопросы надежности электроснабжения потребителей и ущерб от нарушений их электроснабжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Композитный провод 3М™ ACCR. Справочник проектировщика. http://solutions.3mrussia.ru/wps/portal/3M/ru_RU/EMD_ACCR/ACCR_Home/Proven_Tech/ProductData_Specs/
2. AERO-Z. Ресурсы Интернета. http://www.simross.ru/upload/information_system_17/0/2/4/group_24/information_groups_property_1104.pdf
3. NBN C 34-100 Conducteurs nus pour les lignes aérie. Comité Electrotechnique Belge asbl;
4. Каверина П.С. Комплекс работ и предложений по повышению надежности ВЛ на стадии их проектирования и эксплуатации. Материалы 2-й Российской научно-практической конференции «Линии электропередачи 2006: проектирование, строительство, опыт эксплуатации, научно-технический прогресс». – Новосибирск, 2006
5. Справочник по проектированию электрических сетей / Под ред. Д.Л. Файбисовича.– М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006. – 320 с.
6. Урупненные стоимостные показатели электрических сетей. СО 00.03.03-07. ОАО «Энергосетьпроект», М., 2007.
7. Непомнящий В.А. Экономические потери от нарушений электроснабжения – М.: Издательский дом МЭИ. 2010. – 188 с.



3M™ АССР

Алюминиевый композитный усиленный провод

для решения проблемы “запертой” мощности.



Реконструкция высоковольтных ЛЭП по существующим опорам с 2-3 кратным увеличением передаваемой мощности.

Надежное и экономичное решение для регионов с ограничениями на новое строительство.

Узнайте больше на сайте www.3MACCR.ru

3M Россия

Электротехническое оборудование

121614, Москва, ул. Крылатская, д. 17, стр. 3
Бизнес-парк «Крылатские Холмы»
Тел.: +7 (495) 784 7474 (многоканальный)
Тел.: +7 (495) 784 7479 (call-центр)
Факс: +7 (495) 784 7475
www.3MElectro.ru
www.3MRussia.ru
www.3MACCR.ru

Клиентский центр

191124, Санкт-Петербург,
Синопская наб., 50а
Бизнес-центр «В&D»
Тел.: +7 (812) 33 66 222
Факс: +7 (812) 33 66 444

Клиентский центр

620142, Екатеринбург,
ул. Большакова, 70
Бизнес-центр «Корин»
Тел.: +7 (343) 310 14 30
Факс: +7 (343) 310 14 29



УПРАВЛЯЕМЫЙ ШУНТИРУЮЩИЙ РЕАКТОР НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

БУЛЫКИН П.Ю., инженер, НПЦ «Энерком-Сервис»

КОЧКИН В.И., д.т.н., НПЦ «Энерком-Сервис»

КУБАРЕВ Л.П., к.т.н., НПЦ «Энерком-Сервис»

ФЕДОСОВ Л.Л., инженер, НПЦ «Энерком-Сервис»

На подстанциях 220 кВ Прогресс и Когалым МЭС Западной Сибири ОАО «ФСК ЕЭС» впервые в России внедрен разработанный НПЦ «ЭНЕРКОМ-СЕРВИС» принципиально новый источник реактивной мощности (ИРМ) 110 кВ, +50/–30 Мвар. ИРМ создан на основе двух конденсаторных батарей 110 кВ 25 Мвар каждая и управляемого тиристорами шунтирующего реактора (УШРТ) 110 кВ, 30 Мвар (рис. 1).

Электрические сети 220 кВ Западной Сибири при достаточной нагрузке активной мощностью линий электропередачи и автотрансформаторов подстанций (ПС) характеризуются дополнительной высокой нагрузкой по реактивной мощности, что приводит к снижению уровней напряжений, особенно в ремонтных и послеаварийных режимах работы, увеличению потерь электроэнергии, а также ограничению передачи активной мощности.

Следует также отметить, что значительная часть нагрузки Тюменского региона представляет собой электрические двигатели газо- и нефтеперекачивающих станций, которая может вызвать лавину напряжения в послеаварийных режимах после отключения к.з. В этой связи от ИРМ требуется высокое быстродействие, которое обеспечивается УШРТ нового типа и которое более чем на порядок выше быстродействия УШР с подмагничиванием [1].

Один из способов быстрого изменения индуктивности реактора – применение в нем, наряду с сетевой обмоткой (СО), вентильной обмотки (ВО) с $e_k = 100\%$, к которой подключен блок управляемых полупроводниковых приборов (тиристорные ключи) или коммутационное устройство [2]. Управляя моментом включения тиристор-

ров, можно практически мгновенно изменять действующее значение тока сетевой обмотки и, следовательно, потребление реактивной мощности в диапазоне от номинального значения (режим короткого замыкания КЗ ВО) до долей процента от номинального значения (режим холостого хода ХХ).

Следует отметить, что предложенное в [2] направление было продолжено компанией ВВС, а позже профессором Александровым Г.Н. [3]. Однако, опубликованные идеи не получили широкого практического внедрения в электрических сетях, возможно по коммерческим соображениям. Специалистам НПЦ «ЭНЕРКОМ-СЕРВИС» удалось развить метод расчета реактора трансформаторного типа с $e_k = 100\%$ и создать оптимизационную компьютерную программу по выбору параметров такого типа реакторов, что позволило снизить затраты на их изготовление и эксплуатацию.

Особенность конструкции реакторов – наличие замкнутой магнитной системы, возможно с небольшими немагнитными зазорами в основных стержнях, и магнитных шунтов, защищающих бак и металлические элементы конструкции от магнитных потоков, замыкающихся вне магнитопровода.

По исполнению магнитной системы и обмоток указанные реакторы близки к конструкциям силовых трансформаторов (ГОСТ 16110-82), методы электромагнитного расчета которых достаточно подробно описаны в [4]. Однако особенности эксплуатационных характеристик реакторов с сетевой и вентильной обмотками (напряжение КЗ пары обмоток до 100%, стремление снизить потери ХХ и КЗ в обмотках и элементах конструкции) требуют определенных корректировок электромагнитного расчета, которые не нашли должного отражения в публикациях.

Кроме того, представляет интерес вывод достаточных простых формул и соотношений, устанавливающих связь геометрических размеров реакторов с их основными параметрами и электромагнитными нагрузками. Такие соотношения особенно полезны на стадии пред-

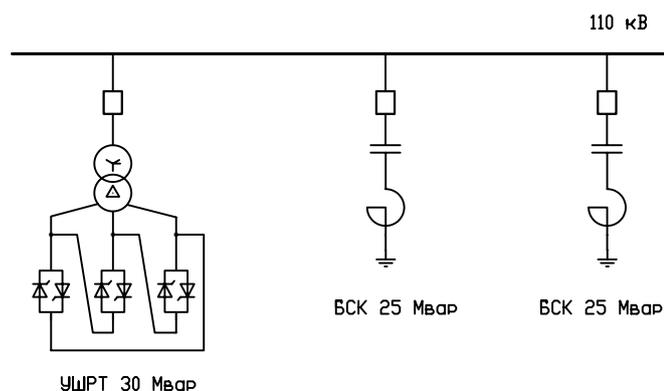


Рис. 1. Схема ИРМ для ПС 220 кВ Когалым и Прогресс

варительного выбора оптимального варианта конструкции реактора.

Рассмотрим однофазный компенсирующий реактор с круглыми СО и ВО, бронестержневым магнитопроводом и замкнутой системой магнитных шунтов для канализации магнитного потока в режиме КЗ ВО (рис. 2 а).

Основным параметром, определяющим габариты и стоимость реактора, является его максимальная мощность в режиме КЗ ВО. Для компенсирующего реактора это по определению номинальная мощность:

$$Q_k = \frac{U_{\text{фСО}}^2}{X_{\text{СО}}}; \quad (1)$$

где $U_{\text{фСО}}$ – напряжение на зажимах реактора, равное наибольшему длительно допустимому фазному напряжению сети, В;

$X_{\text{СО}}$ – индуктивное сопротивление реактора со стороны СО в режиме КЗ ВО, Ом.

Учитывая, что одно из условий работы указанных типов реакторов – отсутствие насыщения стали в любом режиме, номинальное напряжение на зажимах СО принимаем равным напряжению в режиме работы с разомкнутой ВО (аналогичном режиму ХХ силовых трансформаторов), которое определится как:

$$U_{\text{фСО}} = 2\pi f \cdot w_{\text{СО}} \cdot \frac{B_{\text{стм}}}{\sqrt{2}} \cdot \frac{\pi D_{\text{ст}}^2}{4} \cdot \kappa_{\text{ст}}, \quad (2)$$

где f – частота, Гц;

$w_{\text{СО}}$ – число витков сетевой обмотки;

$B_{\text{стм}}$ – амплитуда индукции в стали магнитопровода, Тл;

$D_{\text{ст}}$ – диаметр стержня магнитопровода, м;

$\kappa_{\text{ст}}$ – коэффициент заполнения сталью.

Индуктивностью реактора является индуктивность рассеяния в опыте КЗ пары обмоток:

$$X_{\text{СО}} = \omega L_{\text{СО}} = 2\pi f \cdot \mu_0 \cdot w_{\text{СО}}^2 \cdot \frac{S_{\text{рас}}}{h_{\text{ок}}}, \quad (3)$$

где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ – магнитная постоянная, Гн/м;

$h_{\text{ок}}$ – высота окна магнитопровода (в двухстержневом реакторе – удвоенная), принятая совпадающей с длиной силовых линий поля рассеяния, (т.к. радиальный размер обмоток и канала между обмотками заведомо больше зазора между торцом обмоток и магнитными шунтами), м;

$S_{\text{рас}}$ – площадь канала рассеяния в предположении, что радиальные размеры обмоток не сильно отличаются друг от друга:

$$S_{\text{рас}} = \pi (D_{\text{ст}} + 2\Delta_{\text{с-во}} + 2b_{\text{ВО}} + b_{\text{к}}) \cdot \left(b_{\text{к}} + \frac{b_{\text{ВО}} + b_{\text{СО}}}{3} \right), \quad (4)$$

где $\Delta_{\text{с-во}}$ – радиальный размер изоляционного канала между стержнем и ВО, м;

$b_{\text{ВО}}, b_{\text{СО}}$ – радиальные размеры ВО и СО, м;

$b_{\text{к}}$ – радиальный размер изоляционного канала между ВО и СО, м.

Радиальные размеры обмоток в первом приближении можно оценить, используя значения коэффициентов заполнения обмоток материалом провода из близких аналогов обмоток, используемых в силовых трансформаторах, по формулам:

$$\begin{aligned} I_{\text{СО}} \cdot w_{\text{СО}} &= J_{\text{СО}} \cdot h_{\text{СО}} \cdot b_{\text{СО}} \cdot \kappa_{\text{СО}}, \\ I_{\text{ВО}} \cdot w_{\text{ВО}} &= J_{\text{ВО}} \cdot h_{\text{ВО}} \cdot b_{\text{ВО}} \cdot \kappa_{\text{ВО}}, \end{aligned} \quad (5)$$

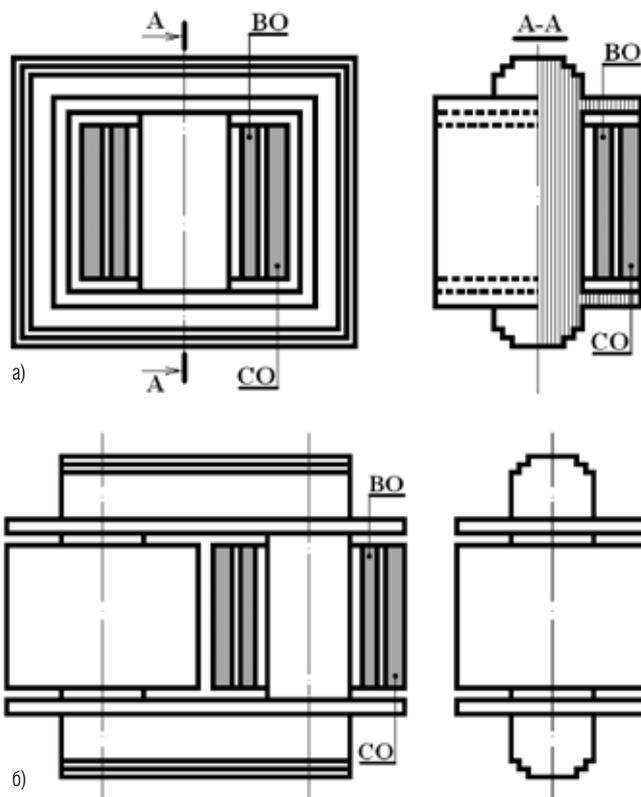


Рис. 2. а – бронестержневой реактор (БСТ); б – двухстержневой реактор (ЗСТ)

где $I_{\text{СО}}, I_{\text{ВО}}$ – номинальные токи в СО и ВО, А;

$J_{\text{СО}}, J_{\text{ВО}}$ – плотность тока в СО и ВО, А/м²;

$h_{\text{СО}}, h_{\text{ВО}}$ – высота обмоток, м;

$\kappa_{\text{СО}}, \kappa_{\text{ВО}}$ – коэффициенты заполнения обмоток.

Принимая высоту ВО и СО одинаковой и равной $h_{\text{обм}}$, учитывая равенство ампер-витков обмоток в режиме КЗ ВО и подставляя в (5) значение $w_{\text{СО}}$ из (2), получим:

$$\begin{aligned} b_{\text{ВО}} &= \frac{2\sqrt{2}}{\pi^2} \cdot \frac{U_{\text{фСО}} \cdot I_{\text{СО}}}{f \cdot B_{\text{стм}} \cdot J_{\text{ВО}} \cdot h_{\text{обм}} \cdot \kappa_{\text{ст}} \cdot \kappa_{\text{ВО}}} \cdot \frac{1}{D_{\text{ст}}^2}, \\ b_{\text{СО}} &= \frac{J_{\text{ВО}} \cdot \kappa_{\text{ВО}}}{J_{\text{СО}} \cdot \kappa_{\text{СО}}} \cdot b_{\text{ВО}}, \end{aligned} \quad (6)$$

$$h_{\text{обм}} = h_{\text{ок}} - 2\Delta_{\text{о-я}}$$

где $\Delta_{\text{о-я}}$ – размер изоляционного канала между торцами обмоток и ярами, м.

Подставляя в (1) значения (2) и (3), с учетом (4) и (6), при $J_{\text{СО}} = J_{\text{ВО}}$, получим уравнение для определения диаметра стержня и высоты окна магнитопровода по заданным значениям номинальных параметров, электромагнитных нагрузок и размеров основных изоляционных промежутков:

$$\begin{aligned} &A_1 \cdot h_{\text{ок}} \cdot D_{\text{ст}}^4 - \pi \left(D_{\text{ст}} + 2\Delta_{\text{с-во}} + b_{\text{к}} + \frac{A_2}{(h_{\text{ок}} - 2\Delta_{\text{о-я}}) \cdot D_{\text{ст}}^2} \right) \times \\ &\times \left(b_{\text{к}} + \frac{A_2 \cdot (1 + \kappa_{\text{ВО}} / \kappa_{\text{СО}})}{6(h_{\text{ок}} - 2\Delta_{\text{о-я}}) \cdot D_{\text{ст}}^2} \right) = 0, \end{aligned} \quad (7)$$

где для компенсирующих и шунтирующих реакторов:

$$A_1 = \frac{\pi^2}{64} \cdot 10^7 \cdot \frac{f B_{\text{стм}}^2}{Q_{\text{max}}} \cdot \kappa_{\text{ст}}^2, \quad 1/\text{м}^3,$$



Рис. 3. Общий вид быстродействующего УШРТ

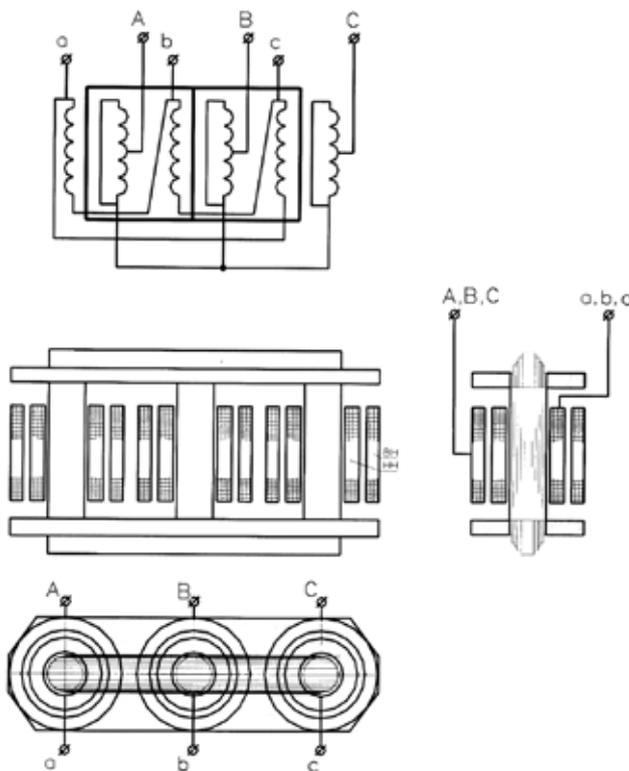


Рис. 4. Электромагнитная часть УШРТ

$$A_2 = \frac{4\sqrt{2}}{\pi^2} \cdot \frac{Q_{\max}}{fB_{\text{ст}} \cdot J_{\text{ВО}} \cdot K_{\text{ст}} \cdot K_{\text{ВО}}}, \text{ м}^4 \quad (8)$$

Определенные по (7) взаимосвязанные значения диаметра стержня и высоты окна магнитопровода, а по (6) значения радиальных размеров обмоток позволяют провести оценочный электромагнитный расчет реакторов при разных значениях диаметра стержня магнитопровода и выбрать его оптимальный диаметр.

Наличие небольших по высоте немагнитных зазоров в стержне магнитопровода не очень заметно влияет на выбор его диаметра. Для расчетов необходимо в

правую часть (2) ввести коэффициент потокоцепления $K_{\psi} = 1,01 - 1,03$, учитывающий отличие среднего потока в витках обмотки от наибольшего потока в стержне магнитопровода. В числитель правой части A_1 и знаменатель правой части A_2 (8), (9) подставляем соответственно K_{ψ}^2 и K_{ψ} . Однако наличие зазоров приводит к увеличению намагничивающей мощности реактора в режиме его работы с разомкнутой ВО.

Диапазон изменения мощности реактора (глубина регулирования $K_{\text{рег}}$) – отношение его максимальной мощности в режиме КЗ ВО к намагничивающей мощности зазоров ($Q_{\text{магн}}$) равен:

$$K_{\text{рег}} = \frac{Q_{\max}}{Q_{\text{магн}}} = \frac{x_{\text{магн}}}{x_{\text{СО}}} = \frac{S_{\text{заз}}}{S_{\text{рас}}} \cdot \frac{h_{\text{ок}}}{l_{\text{заз}\Sigma}} \quad (10)$$

где $S_{\text{заз}}$ – площадь сечения зазора с учетом «выпучивания» магнитного поля на величину, примерно равную высоте единичного зазора – $l_{\text{заз}}$:

$$S_{\text{заз}} = \frac{\pi}{4} (D_{\text{ст}} + 2l_{\text{заз}})^2; \quad (11)$$

$l_{\text{заз}\Sigma}$ – суммарная высота зазоров на стержень, м.

Влияние величины зазоров на глубину регулирования мощности реакторов можно оценить по (10) с учетом (4), (7) и (11) при конкретных значениях их параметров и размеров.

Для канализации магнитного потока в режиме короткого замыкания ВО применяется система магнитных шунтов, конструкция которых аналогична конструкции магнитных систем броневых или ярмовых реакторов [4]. Площадь сечения магнитных шунтов определяется площадью канала рассеяния за вычетом доли магнитного потока рассеяния, входящего в ярма основного магнитопровода.

В бронестержневом однофазном реакторе активное сечение каждого из двух замкнутых шунтов можно оценить как:

$$S_{\text{ш}} = \frac{1}{4} \cdot \frac{B_{\text{ос}}}{B_{\text{ш}}} \cdot \frac{S_{\text{рас}}}{1 + 0,5(S_{\text{рас}} / S_{\text{расш}} - 1)}, \quad (12)$$

где $B_{\text{ос}}$ – индукция осевого поля в канале рассеяния, вычисленная по номинальным ампервиткам, деленным на высоту окна;

$B_{\text{ш}}$ – наибольшая индукция в стали магнитного шунта;

$S_{\text{расш}}$ – часть площади канала рассеяния, находящаяся в зоне магнитных шунтов (площадь двух кольцевых сегментов).

В целях снижения массы магнитных шунтов и торцевых ярм в компенсирующих и шунтирующих реакторах иногда рассматривают применение некруглых (овальных) обмоток. Для упрощения анализа представим описанный овал стержня фигурой из двух полуокружностей диаметром $D_{\text{ст}}$, соединенных прямыми линиями длиной $\alpha D_{\text{ст}}$. Площадь геометрического сечения стержня определяется как:

$$S_{\text{ст}} = \alpha D_{\text{ст}}^2 + \frac{\pi}{4} D_{\text{ст}}^2 = (\alpha + \pi/4) D_{\text{ст}}^2,$$

а средний периметр канала рассеяния:

$$l_{\text{рас}} = \pi(D_{\text{ст}} + 2\Delta_{\text{с-ВО}} + 2b_{\text{ВО}} + b_{\text{к}}) + 2\alpha D_{\text{ст}}.$$

В этом случае уравнение для определения сторон сечения стержня и высоты окна магнитопровода вместо (7) принимает вид:

$$\begin{aligned}
 & (1 + 4\alpha / \pi)^2 A_1 \cdot h_{\text{ок}} \cdot D_{\text{ст}}^2 - \\
 & - \left[2\alpha D_{\text{ст}} + \pi \left(D_{\text{ст}} + 2\Delta_{\text{с-во}} + b_{\text{к}} + \frac{A_2 / (1 + 4\alpha / \pi)}{(h_{\text{ок}} - 2\Delta_{\text{о-я}}) \cdot D_{\text{ст}}^2} \right) \right] \times \\
 & \times \left(b_{\text{к}} + \frac{A_2 (1 + \kappa_{\text{во}} / \kappa_{\text{со}}) / (1 + 4\alpha / \pi)}{6(h_{\text{ок}} - 2\Delta_{\text{о-я}}) D_{\text{ст}}^2} \right) = 0, \quad (13)
 \end{aligned}$$

где значения A_1 и A_2 взяты из (8).

Очевидно, что при $\alpha = 0$ (сечение – круг), указанное уравнение тождественно (7).

Апробация данного метода электромагнитного расчета проводилась при проектировании компенсирующего реактора типа РКТВДЦ – 30000/110 для быстродействующих источников реактивной мощности в электрических сетях Западной Сибири.

В соответствии с исходными данными и результатами расчетов были выбраны: диаметр стержня магнитопровода – 0,4 м, высота окна – 1,55 м, ширина канала между ВО и СО – 0,085 м. Оптимизационные расчеты по [5] с последующей раскладкой обмоток, уточнением основных и добавочных потерь и проверкой импульсной прочности показали полное соответствие выбранной конструкции техническим требованиям на проектирование при близкой к минимуму полной массы реактора и его стоимости.

Изготовленные в соответствии с разработанным комплектом конструкторской документации два реактора успешно прошли приемо-сдаточные испытания и с октября

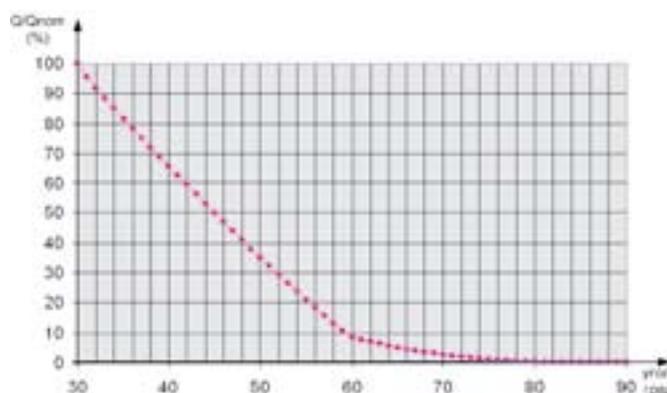


Рис. 5. Регулировочная характеристика УШРТ

2009 года введены в эксплуатацию на подстанциях 220 кВ Когалым и Прогресс МЭС Западной Сибири в составе источников реактивной мощности ИРМ.

Общий вид быстродействующего управляемого тиристорными вентилями шунтирующего реактора (УШРТ) представлен на рис. 3, где справа расположена электромагнитная часть, а слева – контейнер с тиристорными вентилями. Электромагнитная часть (рис. 4) конструктивно выполнена в виде трехфазной системы с магнитными шунтами, расположенными в верхней и нижней частях магнитопровода и исключающими потери в баке и металлических деталях. Особенностью оборудования УШРТ является то, что оно рассчитано на климатическое исполнение УХЛ (от – 60 °С до + 40 °С).

Регулировочная характеристика УШРТ приведена на рис. 5.

ВЫСТАВКА



В РАМКАХ ВЫСТАВКИ



ТЕМАТИЧЕСКИЕ РАЗДЕЛЫ ВЫСТАВКИ:

- ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ОБЪЕКТОВ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО ХОЗЯЙСТВА
- ПЕРЕДАЧА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ
- ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
- ЭНЕРГО- И РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ
- СВЕТОТЕХНИКА.
АРХИТЕКТУРНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

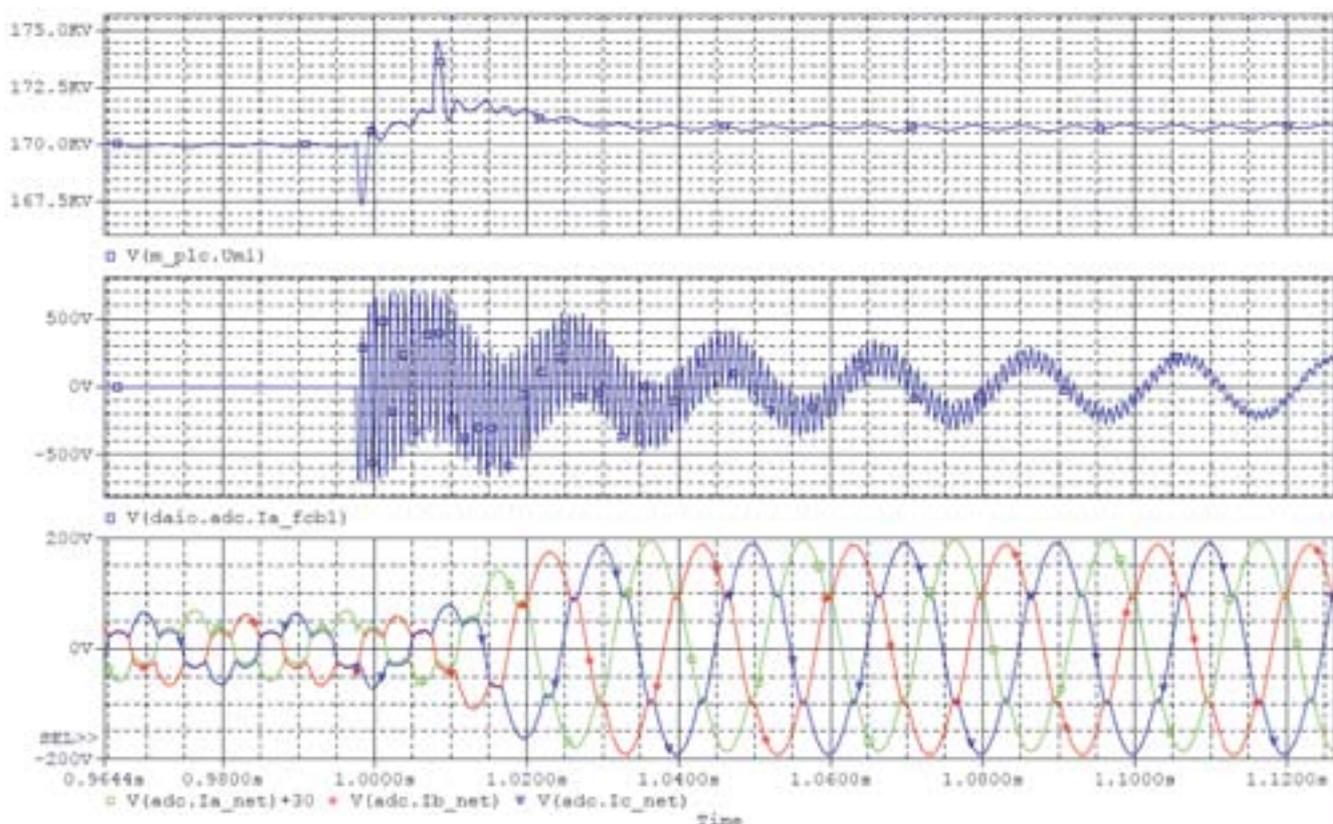
EPIS

4-6 ОКТЯБРЯ 2011 • г. КРАСНОДАР
ВЦ «КРАСНОДАРЭКСПО»

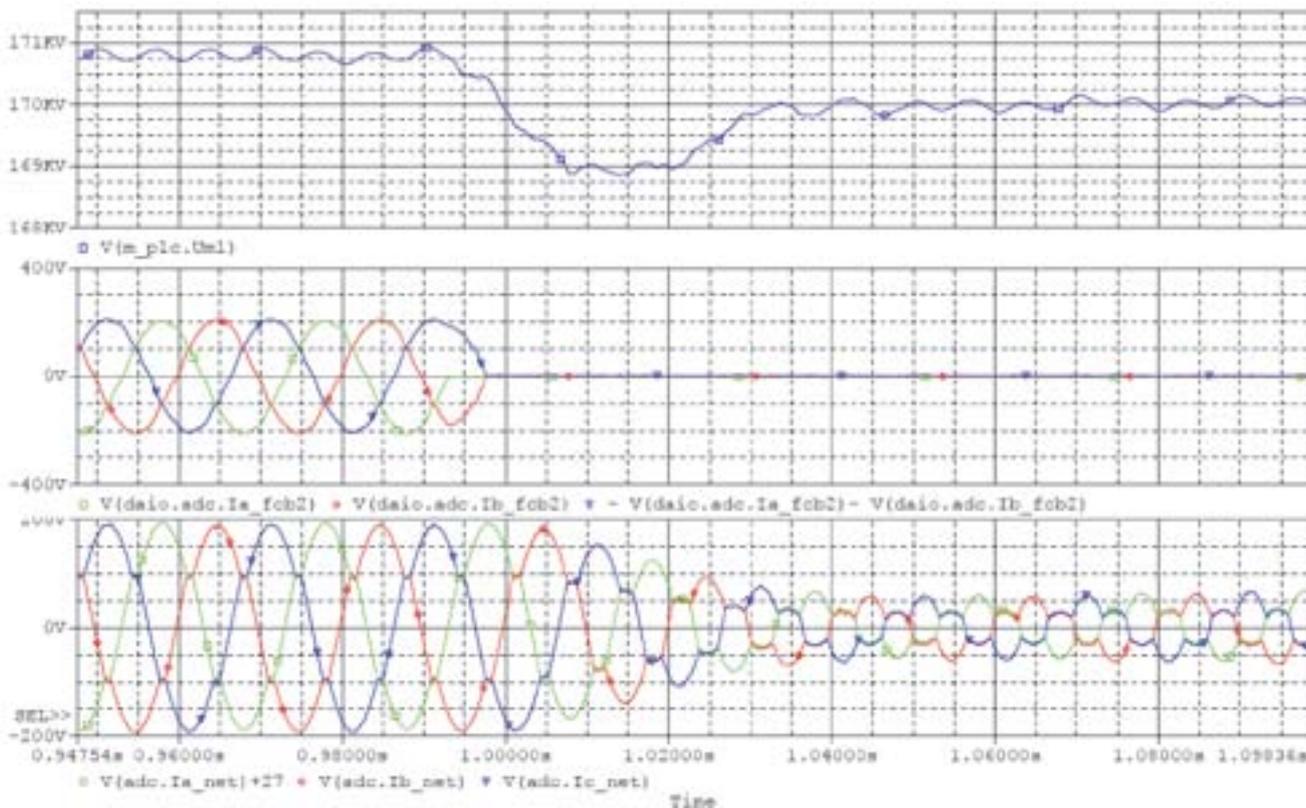
МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА
«ИНФРАСТРУКТУРА ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ЮГА РОССИИ»

ОРГАНИЗАТОР
Тел.: +7 (495) 935 7350
Факс: +7 (495) 935 7351
E-mail: ides@ite-expo.ru

www.IDES-EXPO.RU



ПП при включении БСК. Быстродействие ПИД = 30 мс



ПП при отключении БСК. Быстродействие ПИД = 30 мс

Рис. 6. Быстродействие УШРТ в замкнутой системе регулирования при коммутации на шинах 110 кВ конденсаторной батареи

Бесплатная электронная версия журнала предоставлена компанией



Другие номера журнала на сайте редакции:

Проведенные заводские и натурные испытания подтвердили заявленные параметры (табл. 1) и высокое быстродействие УШРТ (рис. 6) в замкнутой системе регулирования при коммутации на шинах 110 кВ батареи статических конденсаторов (БСК).

Таким образом, УШРТ в составе ИРМ обеспечивает плавное с высоким быстродействием регулирование мощности устройства, а входящие в состав ИРМ конденсаторные батареи позволяют расширить диапазон регулирования до 80 Мвар от 30 Мвар потребления до 50 Мвар генерации реактивной мощности.

В настоящее время ИРМ, установленные на ПС 220 кВ Когалым и Прогресс, работают без замечаний, стабилизируют напряжение на шинах 110 кВ в соответствии с уставками Тюменского РДУ, разгружая линии от дополнительной реактивной мощности и в силу своего быстродействия повышают устойчивость энергосистемы, снижая вероятность лавины напряжения в соответствующих узлах нагрузки МЭС Западной Сибири.

ЛИТЕРАТУРА

1. Управляемые подмагничиванием электрические реакторы. Сб. статей под ред. А.М. Брянцева. Москва, Знак, 2004 г.

Таблица 1. Параметры УШРТ

Номинальное напряжение сетевой обмотки, кВ	110
Номинальное напряжение вентильной обмотки, кВ	10,5
Номинальная мощность, Мвар	25,0
Длительно допустимая мощность, Мвар	30,0
Напряжение КЗ при 30 Мвар, %	100,0
Общие фактические потери, включая потери в тиристорных вентилях, %	0,9
Ток холостого хода, %	0,1
Уровень шума в режиме КЗ, дБ-А	88

2. Reichert K., Kauferle J., Glavitsch H. Controllable reactor compensator for more extensive utilization of high voltage systems // CIGRE. 25 Session. Report 32-07. 1974

3. Александров Г.Н., Лунин В.П. Управляемые реакторы. Санкт-Петербург, 2001 г.

4. Лейтес Л.В. Электромагнитные расчёты трансформаторов и реакторов // Москва. Энергия. 1981.

5. Кочкин В.И., Крайнов С.В., Кубарев Л.П., Федосов Л.Л. Программа электромагнитного расчета трехфазных компенсирующих реакторов трансформаторного типа // Российская Федерация. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2009615642. 2009.



ООО НПЦ «Энерком-Сервис»
115201, г. Москва, Каширское шоссе, 22, к.3.
Тел.: (499) 613-83-63, (499) 613-68-54
www.enercomserv.ru

ПРАВИТЕЛЬСТВО УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
АДМИНИСТРАЦИЯ ГОРОДА ИЖЕВСКА
АНО «АГЕНТСТВО ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ»
УДМУРТСКАЯ ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ПАЛАТА
ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР «УДМУРТИЯ»

ПОД ПАТРОНАЖЕМ ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННОЙ ПАЛАТЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПРИГЛАШАЕМ ПРЕДПРИЯТИЯ К УЧАСТИЮ В ВЫСТАВКЕ!



II Всероссийская специализированная выставка
**Энергетика.
Энергосбережение**

25-28 октября/ 2011

ТЕМАТИКА ВЫСТАВКИ

- Производство электрической и тепловой энергии
- Преобразование, передача и распределение энергии
- Теплоснабжение
- Альтернативные источники энергии
- Светотехника
- Проектирование. Инжиниринг. Консалтинг. Энергоаудит. Программные комплексы
- Энергоресурсосбережение
- Энергетическая безопасность
- Приборы учета и контроля тепла, энергии, газа, воды, применяемые в быту

Место проведения: г. Ижевск, ул. Кооперативная, 9 (ФОЦ «Здоровье»)
тел./факс: (3412) 733-585, 733-587, 733-591, 733-664, доб. 1146, 1178
e-mail: energy@vcudmurtia.ru; www.energy.vcudm.ru

Генеральный информационный партнер:



Генеральный партнер деловой программы:



Информационные партнеры:



Интернет-спонсоры:



ПРИМЕНЕНИЕ ВОЛЬТОДОБАВОЧНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ 0,4 КВ ОАО «МРСК ЦЕНТРА»

РЫБНИКОВ Д.А., начальник Департамента технического развития ОАО «МРСК Центра»

Построение распределительных электрических сетей 0,4–10 кВ в ОАО «МРСК Центра» ведется концептуально по трем направлениям:

- реконструкция распределительных сетей 0,4–10 кВ путем разукрупнения центров питания и построения разветвленной сети 0,4 кВс небольшими длинами фидеров для сетей с фиксированной распределенной по территории нагрузкой;
- построение сети 6–10 кВсо столбовыми ТП (СТП) 6–10 кВ и питанием ограниченного числа потребителей от каждой СТП для сетей с перспективной территориальной развития, дальнейшего увеличения и распределения нагрузки;
- применение вольтодобавочных трансформаторов 0,4 кВ для быстрого реагирования на жалобы населения на качество электроэнергии и выполнение технологического присоединения потребителей.

Первые два направления составляют основу системы реконструкции и нового строительства всего электросетевого хозяйства 0,4–10 кВ. Применение вольтодобавочных трансформаторов не является основным направлением в построении распределительной сети 0,4–10 кВ, но занимает свой сегмент в общем объеме (по оценкам специалистов ОАО «МРСК Центра» ВЛ-0,4 кВ с ВДТ могут занимать 1–2 % от всего количества ВЛ-0,4 кВ) и, исходя из накопленного опыта эксплуатации, данное техническое решение является крайне необходимым в определенных случаях работы эксплуатирующей организации, каковыми являются:

- временное оперативное решение проблемы низкого напряжения на ВЛ-0,4 кВ большой протяженности (более 1 км), если привычные меры, такие как перераспределение нагрузки по фазам не дали результат, а разукрупнение ВЛ связано с крупными материальными затратами и не может быть выполнено в короткие сроки;
- постоянное решение для ВЛ-0,4 кВ с отсутствием возможности реконструкции ввиду особенностей ландшафта местности и других ограничений.

По итогам анализа имеющихся на рынке серийно выпускаемых вольтодобавочных аппаратов, работающих на различных принципах (электромеханический, ступенчатое регулирование, феррорезонансный, трансформаторы с подмагничиванием, трансформаторы с двойным преобразованием энергии, с высокочастотным транзисторным регулированием и магнитный принцип), был сделан вывод о возможности применения в распределительных сетях 0,4 кВ ОАО «МРСК Центра» ВДТ с магнитным принципом работы (ВДТ компании Magtech (Норвегия)). Данное техническое решение было принято к реализации как наиболее перспективное по причине автономности работы, наличия элементов интеллектуального поведения (режим байпас и восстановление режима компенсации после ликвидации аварийного режима), отсутствия необходимости эксплуатации и минимальные капитальные затраты при вводе в эксплуатацию.

Экономическая целесообразность применения данного типа оборудования обосновывается нулевой стоимостью владения (отсутствие эксплуатационных и ремонтных затрат в течении всего срока службы).

С целью определения уровня качества стабилизированного напряжения были реализованы «пилотные» проекты произведены измерения показателей качества электрической энергии (далее ПКЭ):

- установившегося отклонения напряжения;
- коэффициента n -ой гармонической составляющей напряжения;
- коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения;
- коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности;
- коэффициента несимметрии напряжений по нулевой последовательности;
- отклонения частоты;
- длительности провалов напряжения.

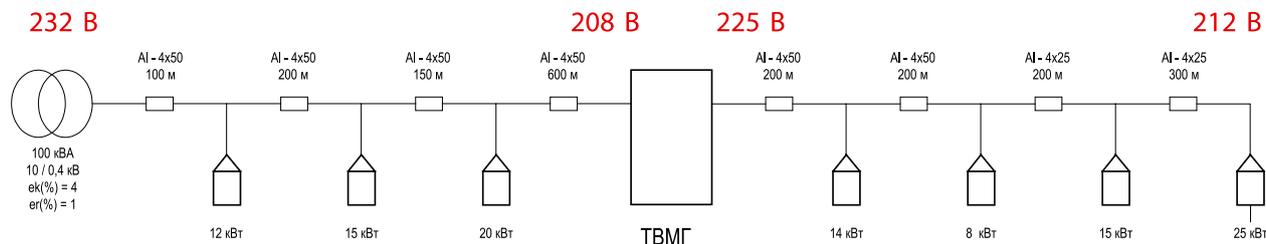
Измерения проведены в соответствии с действующими методиками измерения и существующими стандартами, с использованием специализированных приборов измерения ПКЭ (Ресурс UF).

По итогам исследования была выпущена работа «Исследование параметров качества электрической энергии на присоединениях с установленными ВДТ» и были сделаны выводы о том, что показатели качества ЭЭ в части установившегося отклонения напряжения в целом соответствуют требованиям НТД. Трансформатор

Бесплатная электронная версия журнала предоставлена компанией



Другие номера журнала на сайте редакции:



Расчетная модель распределительной сети 0,4 кВ с включением вольтодобавочного трансформатора

стабильно поддерживает на выходе напряжение в пределах норм качества независимо от колебаний входного напряжения. Кроме этого, устройство частично компенсирует несимметрию фазных напряжений, что важно при работе смешанных групп однофазных и трехфазных потребителей.

Среди слабых сторон, можно отметить отклонение показателей качества синусоидальности напряжения на выходе ВДТ. На основании полученных данных, можно говорить, что при работе ВДТ вносит искажения в синусоидальность напряжения, несколько увеличивая входные искажения.

Если произвести расчет напряжения смещения нейтрали, то мы полу-

чим, при наличии искажений на входе ВДТ, увеличение искажений на выходе до 50 %. Так, при напряжении смещения нейтрали на входе $UNN=0,99$ В, на выходе мы получаем напряжение смещения нейтрали $UNN=1,76$ В.

На основании исследований было принято решение о дальнейшем внедрении ВДТ с магнитным принципом работы в ОАО «МРСК Центра», в т.ч. с учетом того, что производство и сервисные функции были взяты на себя российским производителем. Специалисты ОАО «МРСК Центра» приняли участие в разработке ТУ для производства данного аппарата, который получил название ТВМГ и линейку мощностей 32 и 54 кВА.

Расчетная модель одного из реальных участков сети, как пример ре-

шения проблемы качества электропитания потребителей без реконструкции сети, приведена на рисунке (коэффициент одновременности использования максимума нагрузки для данного случая 0,85).

По данным Центров обслуживания клиентов от потребителей, присоединенных к ВЛ-0,4 кВ, до установки ВДТ было получено около 500 жалоб на качество электроэнергии. После установки ВДТ жалоб от потребителей не поступало.

В настоящее время работа над применением данного технического решения не завершена и для производителей является актуальной разработкой дешевого вольтодобавочного трансформатора, включающего в себя функции сетевого фильтра.



Вольтодобавочные устройства ТВГМ 52/125, ТВГМ 26/70



- Повышение и стабилизация уровня напряженных линий электропередачи 0,4 кВ
- Компенсация несимметрии фазных напряжений
- Мгновенная реакция на изменение напряжения в сети
- Сокращение затрат на решение вопросов качественного электроснабжения потребителей

www.ske-electro.ru ■ e-mail: info@ske-electro.ru ■ Телефон: 8 (495) 642-72-43

УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ПОЛИГОН АСУ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

ГУСЕВ Ю.П., ПОЛЯКОВ А.М., ТРОФИМОВ А.В., Московский энергетический институт (технический университет)

Представлен опыт разработки и создания специализированного центра подготовки персонала для проектирования, наладки и эксплуатации объектов интеллектуальных электроэнергетических систем. Рассматривается техническое оснащение центра с АСУ электрооборудованием электростанций и подстанций на базе современных микропроцессорных программно-технических комплексов. Приводится описание программно-технических средств, включающих инновационные разработки различных производителей, средств организации цифровых сетей, систем сбора и отображения информации. Приводятся сведения об организации изучения и научных исследований АСУ электротехническим оборудованием.

В рамках инновационной программы национального проекта «Образование» на кафедре «Электрические станции» Московского энергетического института (технического университета) был создан учебно-исследовательский полигон с современным электротехническим оборудованием для изучения основ проектирования и эксплуатации интеллектуальных электроустановок. В составе полигона имеются распределительное устройство собственных нужд напряжением 0,4 кВ подстанций, щит постоянного тока с суперконденсаторами, комплектное распределительное устройство 10 кВ с выключателями разных производителей. Полигон оснащен современными микропроцессорными средствами защиты и управления, представляющими собой интеллектуальные электронные устройства (ИЭУ). Их эффективное использование возможно только в рамках автоматизированной системы управления электротехническим оборудованием (АСУ ЭТО). В настоящее время АСУ ЭТО – один из основных элементов инновационных электроустановок, но подготовка специалистов для работы с такими электроустановками пока не налажена. Для решения этой проблемы в МЭИ был создан специализированный полигон для изучения современных АСУ. Оборудование полигона используется при обучении студентов и при повышении квалификации специалистов.

Основными задачами, решенными при разработке учебно-исследовательского полигона:

■ соответствие современным требованиям и тенденциям с точки зрения принципов организации АСУ ТП [1, 2];

■ использование новейшего технического и программного обеспечения, широкая номенклатура устройств для работы с различными видами электрических присоединений;

■ работа ИЭУ как с реальным первичным оборудованием, так и с физическими и математическими моделями;

■ использование типовых конструктивов щитовых устройств для реализации АСУ ЭТО.

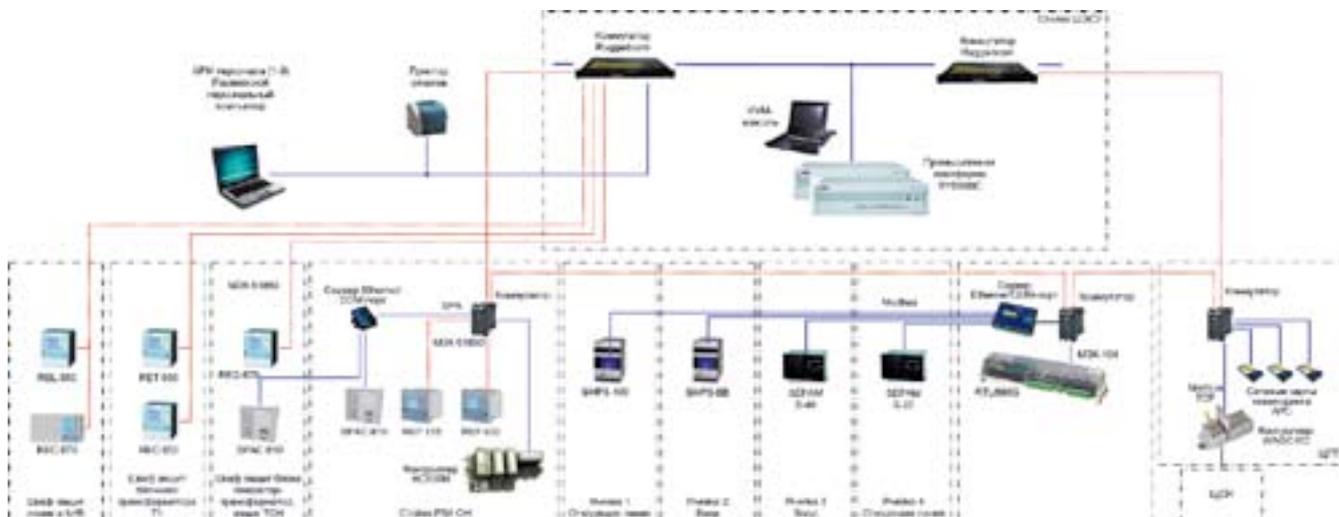


Рис. 1. Структура учебно-исследовательского полигона кафедры «Электрические станции» МЭИ

Бесплатная электронная версия журнала предоставлена компанией



Другие номера журнала на сайте редакции:

Реализация этих требований позволила создать полигон, позволяющий не только обучать студентов и повышать квалификацию специалистов в области проектирования, эксплуатации, наладки объектов электроэнергетических систем, но и для проведения научно-исследовательских работ по АСУ ЭТО.

СТРУКТУРА АСУ ЭТО

Укрупненная структурная схема полигона АСУ ЭТО приведена на рис. 1. Из рисунка видно, что объект управления – электроустановка, состоящая из распределительных устройств различных уровней напряжения. Основой АСУ ТП является программно-технический комплекс (ПТК), оборудование которого в соответствии со сложившимися подходами можно условно разделить на два уровня.

К верхнему уровню – уровню подстанции относятся средства хранения и представления информации; средства локальной вычислительной сети (Ethernet); автоматизированные рабочие места (АРМ) (оперативного персонала, службы РЗА, инженера службы АСУ, обслуживающего и эксплуатационного персонала).

К нижнему (полевому) уровню относятся устройства, которые непосредственно связаны с объектом управления. С их помощью обеспечивается сбор информации и выдача команд управления, необходимые для функционирования подсистем и реализации всех функций АСУ ТП. На нижнем уровне используется набор специализированных или многофункциональных ИЭУ, в том числе: устройств измерения, сигнализации и управления, подключаемых непосредственно к объектам управления и измерительным трансформаторам тока и напряжения. Информация от всех перечисленных устройств и подсистем поступает на верхний уровень посредством цифровых сетей.

Для управления различными видами присоединений используются различные виды ИЭУ. Следует отметить, что в разрабатываемых АСУ ТП крупных подстанций в соответствии с требованиями ФСК информационный обмен между средствами АСУ ТП должен осуществляться в соответствии со стандартом МЭК 61850 по высокоскоростной сети Ethernet. Однако в

настоящее время используется большое количество ИЭУ, поддерживающих другие традиционные стандарты цифровых протоколов (MODBUS, МЭК 60870-5-101/104), поэтому средства АСУ ТП верхнего уровня должны поддерживать различные протоколы.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА

ЩПТ и РУ СН 0,4 кВ

Для работы с оборудованием ЩПТ, РУ СН 0,4 кВ обычно используются стандартные промышленные контроллеры с модулями устройств сопряжения с объектом (УСО). Через такие же контроллеры обычно ведется управление электродвигателями собственных нужд в рамках АСУ технологического оборудования электростанций [3, 4]. Для мониторинга ЩПТ РУ СН 0,4 кВ используется контроллер фирмы WAGO. Передача информации на верхний уровень осуществляется по сети Ethernet по широко распространенному протоколу MODBUS/TCP. Для изучения возможности подключения универсальных контроллеров в АСУ ЭТО подстанций с использованием стандарта МЭК 61850 в состав полигона включен контроллер AC800M фирмы АББ со специализированным модулем связи.

КРУ-10 кВ

Для управления присоединениями 6-35 кВ обычно используют микропроцессорные устройства, объединяющие функции защит и управления. Кафедральное КРУ состоит из пяти шкафов (два ввода, две линии и трансформатор напряжения). При разработке КРУ для расширения «образовательного» диапазона все шкафы комплектовались первичным и вторичным оборудованием от разных производителей. Это позволяет рассмотреть общие приемы и отличия различных реализаций. Так, в шкафах установлены микропроцессорные комплекты БМРЗ (Механотроника) и SEPAM (Шнайдер Электрик) разной комплектации. Все ИЭУ для связи с верхним уровнем оснащены полевым интерфейсом, поддерживающим протокол MODBUS/RTU по витой паре RS-485. Как уже отмечалось, при организации верхнего уровня АСУ ЭТО обычно используется высокоскоростная сеть Ethernet,

Рубрика ОПЕРАТИВНЫЙ ТОК

Ведущий рубрики



Гусев Юрий Павлович

Заведующий кафедрой «Электрические станции» ГОУВПО «МЭИ (ТУ)», профессор

В 1974 году окончил Энергоэнергетический факультет МЭИ по специальности «Электрические станции». В 1984 году защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук. Лауреат премии Президента РФ в области образования.

Задать вопрос ведущему рубрики

вы можете через редакцию по e-mail: vopros@energyexpert.ru или через форум Интернет-портала «Энергоэксперт-online»:

www.energyexpert.ru

Прямая ссылка: <http://energyexpert.ru/forum/viewforum.php?f=11>



Рис. 2. Щитовые устройства

поэтому подключение ИЭУ КРУ в сеть верхнего уровня осуществляется через преобразователь COM-порт/ Ethernet.

Для иллюстрации возможностей ИЭУ присоединений 6-35 кВ, оснащенных средствами работы по протоколу МЭК 61850, в состав АСУ ЭТО был включен шкаф РЗА СН, с микропроцессорными комплектами различной мощности REF615 и REF630 (АББ).

Сложные присоединения

При работе с более сложными присоединениями (линии свыше 110 кВ, блок генератор – трансформатор, блочный трансформатор) требования к ИЭУ повышаются. Отдельными устройствами реализуются средства защиты и средства управления. Увеличиваются количество подключаемых модулей УСО и вычислительные ресурсы. Требуются более гибкие средства программирования для работы со свободно программируемой логикой. Необходима поддержка стандарта МЭК 61850.

Для изучения этих возможностей были выбраны ИЭУ серии REx670/650 (АББ). На их основе разработаны шкафы: шкаф защит и управления линией (на базе терминалов защит REL650 и управления REC670); шкаф защит и управления блочного трансформатора (на базе терминалов защит RET650 и управления REC650); шкаф защит блока генератор-трансформатор (на базе

терминала защит REG670) и трансформатора собственных нужд. Конструктивно шкафы реализованы в соответствии с требованиями, предъявляемыми к щитовым устройствам АСУ ТП (рис. 2), оснащены необходимым набором ключей управления, имеют ряды зажимов для подключения входных и выходных сигналов. Кроме того, в шкафах реализованы цепи для имитации работы коммутационных аппаратов, что упрощает «оживление» учебного процесса.

ОБОРУДОВАНИЕ ВЕРХНЕГО УРОВНЯ АСУ ЭТО

Основные оборудования верхнего уровня – серверные компьютеры и средства организации цифровой сети. Требования к надежности являются одними из основных требований к АСУ ТП. Для повышения надежности верхнего уровня применяются специализированные компьютеры и сетевые коммутаторы в промышленном исполнении, широко используются средства резервирования. Хотя отказ оборудования на учебном полигоне не является столь критичным, как на реальном объекте, и большую часть верхнего уровня можно было реализовать на обычном «офисном» оборудовании, акцент был сделан на специализированные средства.

Промышленный Ethernet стоит на основе сетевых коммутаторов Ruggedcom и Moxa, соответствующих

стандарту МЭК 61850-3. Они позволяют организовать надежную кольцевую структуру сети, могут запитываться от двух независимых источников питания переменного и постоянного тока, имеют возможность подключения как медных, так и оптоволоконных линий.

Серверные компьютеры представляют собой безвентиляторные компьютерные устройства с интегрированными интерфейсами связи. Вместо жестких дисков используются электронные накопители. Для увеличения надежности они работают в режиме горячего резервирования.

В качестве операторских, инженерных и архивных станций выступают обычные ноутбуки. В сеть включены девять рабочих мест, что позволяет проводить групповые занятия.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Разработку прикладного программного обеспечения АСУ ТП можно условно разделить на две части. Для программирования верхнего уровня и отображения информации при эксплуатации используются SCADA-системы (Supervisory Control and Data Acquisition). Для программирования контроллеров – технологические языки программирования.

Обычно для программирования микропроцессорных устройств защит и управления используются специализированные программные средства от производителя. В частности, для ИЭУ серии REx670/650 используется программный инструмент конфигурирования интеллектуального устройства защиты и управления – Protection and Control IED Manager PCM600. Программирование универсальных контроллеров в большинстве современных ПТК ведется на специализированных технологических языках программирования стандарта МЭК 61131-3.

Верхний уровень системы реализован на системе MicroSCADA Pro.

Следует отметить, что разработка верхнего уровня АСУ ЭТО и программирование ИЭУ велись специалистами «АББ силовые и управляющие системы» в соответствии со стандартом МЭК 61850. При этом изначально ставилась задача, чтобы средства АСУ ЭТО представляли собой не несвязанный набор, а интегрированную систему с отображением объекта управления. На рис. 3 приведен фрагмент мнемосхемы, отражающий часть этой системы.

Бесплатная электронная версия журнала предоставлена компанией



Другие номера журнала на сайте редакции:

ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ

Как уже отмечалось, большая часть средств АСУ ЭТО связана с реальным оборудованием электроустановки (РУ СН 0,4 кВ, ЩПТ, КРУ-6 (10) кВ). В шкафах других присоединений установлены реле и контакторы, позволяющие имитировать коммутационные аппараты присоединений. Это позволяет воспроизводить реальные ситуации при управлении электроустановкой.

Важная часть полигона – испытательные комплексы для релейной защиты и автоматики РЕТОМ-61, обеспечивающие имитацию работы измерительных трансформаторов, дискретных входных и выходных сигналов (ручное управление источниками тока и напряжения, универсальный секундомер-регистратор, воспроизведение аварийных процессов, модель энергосистемы, токи и напряжения произвольной формы).

УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА

Представленный полигон позволяет проводить обучение вопросам организации современных АСУ ЭТО не только студентов, но и широко-

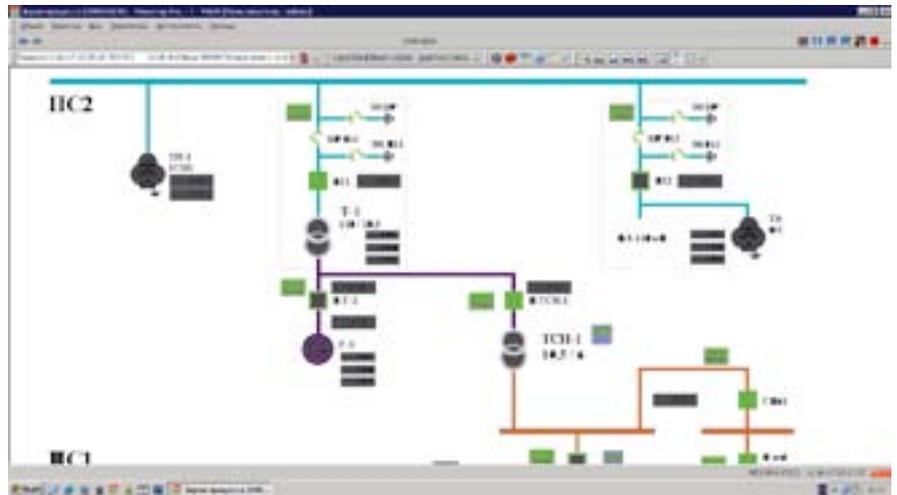


Рис. 3. Пример мнемосхемы.

го круга специалистов-энергетиков: проектировщиков полевого уровня и разработчиков АСУ ТП, эксплуатационный персонал (оперативный персонал, инженеры АСУ ТП и релейщики), представителей наладочных организаций.

На базе полигона могут проводиться курсы повышения квалификации по следующим темам:

1. Микропроцессорные устройства защит и управления для различных видов присоединений. Входные и выходные сигналы. Реализуемые функции. Токосые цепи. Цепи напряжения. Оперативные цепи.
2. Конструктивное исполнение ИЭУ. Модули УСО. Цифровые интерфейсы.
3. Реализация вторичных цепей для различных видов присоеди-

Системы электропитания высшего класса



World Class Power Solutions

Разработка, производство, поставка систем гарантированного электропитания

- Системы оперативного постоянного тока «Тирсот»
- Промышленные инверторы и выпрямители
- Источники бесперебойного питания
- Щиты постоянного тока



ООО «Беннинг Пауэр Электроникс»
 Москва – Новосибирск – Санкт-Петербург – Уфа
 (495) 967-68-50 www.benning.ru

реклама

Заключение аттестационной комиссии ОАО «ФСК ЕЭС» № 47/020-2009 ■ Заключение аттестационной комиссии ОАО «ФСК ЕЭС» № 47/019-2009 ■ Заключение аттестационной комиссии ОАО «ФСК ЕЭС» № 47/018-2009 ■ Разработано в соответствии с рекомендациями ОАО «ФСК ЕЭС»

Бесплатная электронная версия журнала предоставлена компанией



Другие номера журнала на сайте редакции:

нений в виде щитовых устройств. Проектно-конструкторская документация (принципиальные и монтажные схемы).

4. Организация цифровых сетей. Сетевые концентраторы Ethrnet. Оптические и медные связи. Сеть на основе RS-485. Преобразователи интерфейсов.

5. Сервера сбора и обработки информации. Стандарт МЭК 61850.

6. Операторский интерфейс ИЭУ. Органы контроля и управления. Графический экран. Работа с меню. Местное управление присоединением с помощью ИЭУ.

7. Программный инструмент конфигурирования интеллектуального устройства защиты и управления.

8. Основные функции в системе наблюдения и управления SCADA: осуществление интерфейса человек-машина; обработка событий и аварийных сигналов; выполнение расчетов и выдача отчетов; реализация автоматического управления.

9. Работа оператора (наблюдение, управление, работа с журналами событий, тренды, архивы).

10. Разработка системы управления. Формирование базы данных переменных. Организация связи с ИЭУ. Создание пользовательского интерфейса.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА

Естественно, что полигон имеет большой потенциал не только для целей обучения, но и для решения исследовательских задач. Это может быть разработка и отладка алгоритмического обеспечения для повышения «интеллектуальности» современных систем управления, изучение технических характеристик ИЭУ [5], разработка и реализация математических моделей основного электрооборудования (генератор, трансформатор, линия, асинхронный двигатель) позволит создать аппаратно-программную тренажерную площадку для обучения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Новый учебно-исследовательский полигон АСУ ЭТО кафедры «Электрические станции» МЭИ представляет собой современную, высокотехнологичную установку, которая позволит значительно улучшить подготовку спе-

циалистов электроэнергетиков в области автоматизации электрических станций и подстанций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Общие технические требования к программно-техническим комплексам для АСУ ТП подстанций с высшим напряжением 110–750 кВ. – ОАО «ФСК ЕЭС», 2006.

2. МЭК 61850. Системы связи и коммуникаций на подстанции.

3. Бородин А.А., Гусев Ю.П., Трофимов А.В. Лабораторный комплекс для изучения АСУ электроустановок. – СТА – современные технологии автоматизации, 2009, № 4, с. 64–67.

4. Трофимов А.В. Управление электродвигателями собственных нужд в АСУ электроустановок: учебное пособие / – М: Издательство МЭИ, 2011. – 112 с.

5. Арцишевский Я.Л., Гусев Ю.П., Мельников А.А., Монаков Ю.В., Чо Г.Ч. Экспериментальное определение характеристик дискретных входов микропроцессорных терминалов релейной защиты. – Энергоэксперт, 2011, № 2, с. 36–44.

IV СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ФОРУМ – 2011
КАВКАЗ-ЭНЕРГО 10–12 НОЯБРЯ, КИСЛОВОДСК

Организаторы: ВЦ «РОСТЭКС», ВЦ «Кавказ»
 Соорганизатор: НП «Саморегулируемая организация Энергосбережения и Энергоэффективности СКФО»
 При поддержке: Правительства Ставропольского края; Министерства промышленности, энергетики и транспорта Ставропольского края; ОАО «МРСК Северного Кавказа»; ГУ «Ставропольский краевой центр энергосбережения»

Энергетика
Электротехника
Энергосбережение

ROSTEX ВЦ «КАВКАЗ»
 ВЫСТАВКА ЮГА РОССИИ

(863) 240-32-60/62, (87937) 331-79/74
 www.rostex-expo.ru, rostexstroy@aaanet.ru

ЭНЕРГОЭКСПЕРТ | ЭНЕРГО | elec.ru | ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ | BusCable.Ru | КАСЕЛЬ

ОТКРЫТОЕ ПИСЬМО ПО СОПТ ТЕХНИЧЕСКИМ СПЕЦИАЛИСТАМ ОАО «ФСК ЕЭС»

АНТОНОВ Л.Е., начальник отдела РЗА и ВК ООО «ВЭС»

Первого июня настоящего года приказом № 316 по ОАО «ФСК ЕЭС» утвержден новый стандарт организации: «Руководство по проектированию систем оперативного постоянного тока (СОПТ) ПС ЕНЭС. Типовые проектные решения» (далее – СТАНДАРТА). Руководителям структурных подразделений предписано применение СТАНДАРТА в своей хозяйственной деятельности со всеми вытекающими отсюда последствиями. Об этих последствиях автор и высказывает свою точку зрения в настоящей статье.

Цель внедрения всякого стандарта – отсечь от дальнейшего применения нечто вредное, запутывающее, необязательное и закрепить в качестве единственно возможного нечто проверенное, правильное, перспективное и главное. Стремление закрепить накопленный опыт введением рассматриваемого СТАНДАРТА понятно и не вызывает сомнений – в дальнейшем, опираясь на принятый документ, можно будет значительно упростить свои взаимоотношения с исполнителями, снизить затраты на анализ предлагаемых проектных решений. Но такое будет возможным только тогда, когда узаконенный документ будет действительно отражать уровень технического развития сегодняшнего дня, а не вчерашнего десятилетия. К сожалению, этого нельзя сказать о принятом ОАО «ФСК ЕЭС» СТАНДАРТЕ.

Большинство предложенных им решений взяты из проектов десятилетней давности, выпущенных для подстанций, которые имели только электромеханические устройства релейной защиты. Эти решения никак не соответствуют определению «подстанции нового поколения» принятому в ОАО «ФСК ЕЭС». Многие решения СТАНДАРТА противоречат другим, уже действующим распоряжениям ОАО «ФСК ЕЭС». Современный опыт проектирования присутствует в представленном СТАНДАРТЕ только обрывкам фраз, взятыми из проектов, разработанных в последнее время. Однако, СТАНДАРТА является руководством к

действию, законом, требующим исполнения его всеми филиалам ОАО «ФСК ЕЭС», а также и всеми подрядными организациями.

Появление СТАНДАРТА перечеркивает разработки проектных организаций последних лет в этой области, что и обуславливает появление настоящей статьи.

В подтверждение вышесказанного далее приведены комментарии к некоторым предлагаемым в СТАНДАРТЕ решениям.

ЗАМЕЧАНИЯ И КОММЕНТАРИИ

1. Выбор конкретной схемы питания устройств постоянным током определяющим образом зависит от плана подстанции, ее размеров, номиналов электромагнитов управления. Так, если речь идет о КРУЭ, с размещенными в одном здании с ним и релейным щитом, и СОПТ, то вполне можно обойтись кольцевой схемой питания КРУЭ и 102-мя элементами АБ без каких-либо вольтодобавочных преобразователей. Сечение кабелей вторичной коммутации при этом не выйдет за границу, принятую для контрольных кабелей. Если для того же КРУЭ принять электромагниты управления 6А, а здание РЩ отнести от него на 200 метров, то в этом случае, чтобы уложиться в допустимые величины падения напряжения, придется: либо использовать вольтодобавочные устройства; либо увеличивать количество элементов АБ до 106 – 108; либо емкость АБ увеличивать в 2-3 раза. Вторичную коммутацию

при этом придется прокладывать силовыми кабелями. Из этого примера видно, что, во первых, класс напряжения и первичная схема подстанции не являются единственными критериями для выбора схемы СОПТ (как указано в стандарте); во вторых, для одной и той же первичной схемы подстанции схемы СОПТ могут быть совершенно разными; в третьих, СОПТ должна рассматриваться не как «электроустановка» (определение СТАНДАРТА), а как система. Система с совокупностью компонентов, объединенных соответствующими алгоритмами для решения задачи обеспечения электропитания потребителей с заданной надежностью. Система, которая взаимосвязана и с источниками переменного тока (ЩСН), и с системой построения релейной защиты, и со схемой компоновки подстанции, и конечно же с ее главной схемой; и, наконец, в четвертых, в СТАНДАРТЕ присутствует выбор схемы по единственному критерию (см. во-первых,). В СТАНДАРТЕ отсутствуют схемы и критерии выбора, учитывающие различные компоновки подстанций.

2. Для многих не секрет, что на большинстве существующих подстанций, где применена схема подключения АБ через единственный головной автоматический выключатель, сложилась ситуация неопределенности с возможностью его срабатывания. Ввиду того, что для его проверки необходимо выполнить либо отключение АБ, что во многих

случаях потребует погашение подстанции, либо выполнение опасных операций по его шунтированию на ни чем не защищенных выводах АБ, многие вводные автоматы остаются непроверенными многие годы. Зная этот дефект старых схем, во всех современных проектах для подключения АБ к ЩПТ для каждой секции используются свои головные защитные аппараты. Это оправдывается еще и тем, что в этом случаи даже при КЗ на шинах ЩПТ в работе остается вторая, не поврежденная секция. В предложенном СТАНДАРТОМ наборе схем отсутствует даже упоминание о такой возможности повысить надежность СОПТ. Следовательно, большинство спроектированных за последнее время подстанций (или все мне известные), не будут соответствовать выпущенному СТАНДАРТУ.

3. В свое время остро стоял вопрос разделения шинок используемых для питания РЗ и для питания силовых цепей. Величины нагрузок этих потребителей отличались на порядок и было сложно выполнить защиты этих цепей селективными. С переходом на элегазовые выключатели необходимость такого разделения отпала, так как величины нагрузок стали соизмеримы между собой. Но в предложенном СТАНДАРТЕ это разделение остается, усложняя конструкцию шкафов ЩПТ, увеличивая их количество и опять-таки, не соответствуя схемам большинства построенных за последнее время подстанций.

4. В последнее время в ОАО «ФСК ЕЭС» аттестовано и разрешено к применению достаточно большое количество устройств, представляющих либо СОПТ в целом, либо какую-то ее часть – зарядно подзарядные устройства (ЗПУ), автоматические диодные мосты для снижения напряжения при работе АБ в режиме ускоренного заряда, шкафы оперативного тока, шкафы с автоматическими выключателями (ШАВ). Все эти устройства имеют свои особенности подключения. Для каких-то ЗПУ требуется прохождение через их шкаф тока АБ (фирма «ГУТОР»). Для других ЗПУ требуется их подключение за головными

предохранителями, а не на шины ЩПТ. Эти нюансы в настоящем СТАНДАРТЕ отсутствуют, что может привести либо к ошибкам в проектировании, либо к отказу от многих уже аттестованных и применяемых устройств.

5. 05.05.2010 года ОАО «ФСК ЕЭС» выпустило распоряжение № 236р – «Порядок организации оперативной блокировки на подстанциях нового поколения», в котором предписано (п. 2.9.2.) иметь питание ее цепей от системы гарантированного питания ПС с обязательной гальванической развязкой от СОПТ. Это требование есть плод анализа ошибок, допущенных в первых проектах по подстанциям нового поколения. Дело в том, что на новых подстанциях информация о положении разъединителей, собираемая в микропроцессорные терминалы для реализации в них их оперативной блокировки, используется и для отображения текущей оперативной схемы на АРМах оперативного персонала. Питание этих цепей, как было предусмотрено в проектах на электромеханике от ЩСН через выпрямительные устройства, оказалось не достаточно надежным именно для сигнализации положения коммутационных аппаратов. При потере собственных нужд диспетчер лишался возможности контролировать ситуацию. При подключении этих цепей к АБ без гальванической развязки существенно снижалась надежность питания более ответственных устройств (РЗ и цепи отключения), за счет увеличения вероятности возникновения замыканий на землю в цепях АБ. Настоящий СТАНДАРТ полностью игнорирует этот горький опыт.

6. Практически ни одна подстанция не включается без распределительного устройства 6–10–20 кВ, которое так же имеет питание от общей СОПТ. Это питание имеет свои особенности, но в настоящем СТАНДАРТЕ упоминание об этом полностью отсутствует.

Можно было бы продолжить этот список несоответствий и дальше. Можно было бы упомянуть и те изменения, что уже вышли к настоящему СТАНДАРТУ (ДГ\93\1243 от

14.06.2011), но, думаю, и вышеперечисленного уже вполне достаточно, чтобы отказаться от его исполнения. Уверен, что у всех, кто занимается этим вопросом, найдутся свои замечания и свое мнение по этой, как оказалось, достаточно сложной теме.

ВЫВОДЫ

1. Сохранение в действии настоящего СТАНДАРТА не может способствовать улучшению качества проектной продукции и принесет вреда больше, чем пользы.

2. Возможность выполнить разработку настоящего СТАНДАРТА силами организации, которой было поручено его разработка, вызывает большое сомнение.

3. Систему оперативного постоянного тока необходимо рассмотреть как систему со всеми взаимосвязями, как внутренними, так и внешними.

4. Для того, чтобы настоящий СТАНДАРТ имел реальную пользу, необходимо выполнить ряд исследовательских работ и дополнить его недостающими разделами, входящими в обязательный объем проектирования СОПТ.

5. Настоящий СТАНДАРТ должен быть разделен на три части:

- для новых подстанций с микропроцессорным оборудованием и элегазовыми выключателями;
- для существующих подстанций с воздушными и масляными выключателями, намеченных под реконструкцию;
- для подстанций с распределенной системой питания.

6. Разработка руководства по проектированию, чем и является рассмотренный в настоящей статье СТАНДАРТ, должна быть поручена проектной организации, имеющей максимальный опыт работы по этому вопросу, а еще лучше – группе ведущих специалистов в этой области из разных организаций.

7. Необходимо изменить систему взаимоотношений разработчиков СТАНДАРТА и его рецензентов, привлекаемых заказчиком к работе. В новой системе взаимоотношений рецензенты должны нести определенную долю ответственности за выполненный ими анализ работы.

Бесплатная электронная версия журнала предоставлена компанией



Другие номера журнала на сайте редакции:

КОММЕНТАРИЙ ЭКСПЕРТА

ГУСЕВ Ю.П.,

заведующий кафедрой «Электрические станции»
ГОУВПО «МЭИ (ТУ), профессор

Автор письма справедливо отмечает, что проектирование современных систем оперативного постоянного тока (СОПТ) является достаточно сложной темой. В России несколько десятилетий не уделялось должного внимания подготовке специалистов и методической поддержке процессов проектирования собственных нужд подстанций и, в частности, СОПТ. За эти годы на подстанциях изменился состав электроприемников постоянного тока, появились новые типы аккумуляторных батарей, зарядных устройств, появились средства мониторинга и прочие инновации.

В декабре 2007 года, по заказу ОАО «ФСК ЕЭС», МЭИ подготовило проект стандарта «Системы оперативного постоянного тока подстанций. Технические требования». Стандарт не имел прототипов, и при его утверждении было много дискуссий. Лишь в марте 2010 года стандарт был утвержден [1].

В 2008 году ОАО «ФСК ЕЭС» выделила средства на разработку еще двух стандартов по тематике СОПТ. Были

объявлены конкурсы на разработку стандартов «Типовые проектные решения» и «Методические указания по выбору оборудования» СОПТ. Перипетии конкурсной системы закупок услуг привели к тому, что заказы достались не МЭИ, а другим участникам торгов.

Стандарт, критикуемый автором публикуемого письма, разрабатывался АО «СКБ ЭЛЕКТРОЩИТ» (Украина). Представители АО «СКБ ЭЛЕКТРОЩИТ» не участвовали в совещаниях и дискуссиях, проводившихся при утверждении первого, базового стандарта, им было трудно «на лету» учесть новые идеи, заложенные в основу еще к тому времени не утвержденного проекта стандарта «Типовые проектные решения».

Можно согласиться с Антоновым Л.Е. – схемы, содержащиеся в утвержденной редакции стандарта «Типовые проектные решения» [2], не отражают лучшие проектные решения и опыт эксплуатации СОПТ, полученные в последние годы. Рассматривать эти

схемы в качестве типовых и рекомендуемых к применению не следовало бы, так как это дезориентирует производителей оборудования СОПТ и приведет к потере положительной тенденции в совершенствовании собственных нужд подстанций ЕНЭС.

За рубежом практикуется публикация проектов новых стандартов со статусом «Draft». Через один–два года, после получения реакции от специалистов, стандарт получает статус действующего или же отправляется на доработку. Хорошо бы такую практику принять и в России.

ЛИТЕРАТУРА

1. Системы оперативного постоянного тока подстанций. Технические требования, СТО 56947007-29.120.40.041-2010.
2. Руководство по проектированию систем оперативного постоянного тока (СОПТ) ПС ЕНЭС. Типовые проектные решения, СТО 56947007-29.120.40.093-2011

Подписка на 2011 год

ПОДПИСКА ЧЕРЕЗ РЕДАКЦИЮ

Для оформления подписки на журналы «Энергоэксперт» и «Релейщик» свяжитесь с менеджером по тел. (495) 228-60-05 или e-mail: mda@energyexpert.ru



Подписка на полугодие 2011 г. (3 номера) – **1650** рублей
Подписка на 2011 г. (6 номеров) – **3300** рублей
Стоимость одного номера – **550** рублей
Стоимость включает НДС и цену доставки



Подписка на полугодие 2011 г. (2 номера) – **1700** рублей
Подписка на 2011 г. (4 номера) – **3400** рублей
Стоимость одного номера – **850** рублей
Стоимость включает НДС и цену доставки

ПОДПИСКА НА ЖУРНАЛЫ В ПОЧТОВОМ ОТДЕЛЕНИИ

Вы можете оформить подписку на журналы «Энергоэксперт» и «Релейщик» в любом почтовом отделении через подписной каталог



Индекс по каталогу Агентства «Роспечать»

72240

35789

Индекс по каталогу «Межрегиональное агентство подписки»

11447

16755

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И РАСЧЕТ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

АНДРЕЕВ Д. А., к.т.н., главный технолог ОАО «Зарубежэнергопроект»

Как известно, в качестве электропривода большинства тепломеханического оборудования используются асинхронные электродвигатели малой мощности напряжением до 1000 В. Их надежная работа во многом определяет надежность электростанции в целом. Принимая во внимание, что их количество на электростанциях составляет более 90 % от общего количества электродвигателей, становится актуальным вопрос об оценке их эксплуатационной надежности. Так как, в отличие от крупных электродвигателей, маломощные двигатели, как правило, не оснащаются никакими средствами диагностики и мониторинга (температурный контроль, вибродиагностика и т.п.), а схемы управления ими не имеют модулей контроля тока, то на сегодняшний день единственный способ оценки их показателей надежности – аналитические методы расчета на основе применения различных математических моделей.

В [1, 2] разработана комплексная математическая модель оценки технического состояния электрооборудования, согласно которой основными свойствами эксплуатационной надежности электрооборудования являются безотказность и долговечность. В качестве показателей безотказности используются вероятности безотказной работы и отказа, а показателя долговечности – технический ресурс. Данная комплексная модель оперирует терминами в соответствии с ГОСТ 27.002 – 89 и позволяет в качестве оценки надежности получать цифровые значения показателей надежности, наделенные физическим смыслом. Это делает привлекательным применение данной модели и указанных показателей на практике, а также дает возможность применять полученные результаты при управлении техническим состоянием электрооборудования и в различных технико-экономических расчетах. Кроме того, учитывает фактические режимы и условия эксплуатации оборудования, что крайне важно для оборудования собственных нужд электростанций, которое работает в тяжелых и часто непостоянных эксплуатационных условиях и режимах.

На основе комплексной модели, речь о которой шла в [2], после ряда исследований в области теплового старения изоляции были получены частные модели для оценки технического ресурса и вероятностей безотказной работы и отказа асинхронных электродвигателей малой мощности.

Фактический сработанный R и остаточный ресурс $R_{ост}$ асинхронных электродвигателей за наработку в объеме R_0^* :

$$R = R_0^* + \sum_{j=1}^K R_j^* (A_2 - 1); \quad (1)$$

$$R_{ост} = R_{0,ост}^* - \sum_{j=1}^K R_j^* (A_2 - 1); \quad (2)$$

$$A_2 = e^{\frac{1}{\Delta\vartheta} \left[\vartheta_{оит} + \frac{\Delta P T_d}{C} \right] - 1} \quad (3)$$

где величина A_2 определяется по выражению (3); ΔP – мощность потерь в электродвигателе; C – полная теплоемкость электродвигателя; T_d – тепловая постоянная времени; $\vartheta^* = \vartheta / \vartheta_0$; $\Delta\vartheta^* = \Delta\vartheta / \vartheta_0$; ϑ – температура наиболее нагретой точки; ϑ_0 – нормативная температура наиболее нагретой точки; $\Delta\vartheta$ – номинальное превышение температуры (определяется классом нагревостойкости изоляции); R_0^* – нормативный остаточный ресурс (в о.е. равен 1); $R_{0,ост}^*$ – нормативный остаточный ресурс; $\vartheta_{оит}$ – температура охлаждающей среды.

Фактический сработанный и остаточный ресурс асинхронных электродвигателей в пусковых режимах:

$$R^* = R_0^* + \sum_{j=1}^K R_j^* (A_3 - 1); R_{ост}^* = R_{0,ост}^* - \sum_{j=1}^K R_j^* (A_3 - 1); \quad (4, 5)$$

$$A_3 = e^{\frac{1}{\Delta\vartheta} \left[\vartheta_{оит} + \frac{r}{N} \left(\frac{4k_f I_{фн}}{\pi d^2 n_{пв} a} \right)^2 \right] - 1}, \quad (6)$$

где величина A_3 определяется по выражению (6); k_f – кратность тока по отношению к номинальному; где $I_{фн}$ – номинальный ток фазы; d – диаметр проводников в пазу; a – число параллельных ветвей в фазе; $n_{пв}$ – число проводников в пазу; N – расчетный коэффициент.

Вероятность безотказной работы асинхронных электродвигателей:

$$P_{\{X_j\}}(r) = \exp \left(-\lambda_0 \left(r + \sum_{j=1}^K R_j (A_2 - 1) \right) \right), \quad (7)$$

где λ_0 – нормативная интенсивность отказов.

Вероятность безотказной работы асинхронных электродвигателей в пусковых режимах:

Бесплатная электронная версия журнала предоставлена компанией



Другие номера журнала на сайте редакции:

Таблица 1. Параметры электродвигателей АО2

Тип электродвигателя	$P_{ном}$, кВт	$n_{ном}$, об/мин	$s_{ном}$, %	I_n , А	K , о.е.	$C_{302}/C_{АОЛ2}$, кДж/°С	$T_{от}$, мин	$T_{от}=2,5T_{от}$, мин
АО2 (АОЛ2)-12-2	1,1	2830	0,302	2,4	6,13	8,03/6,90	12	30
АО2 (АОЛ2)-32-2	4,0	2880	0,678	8,0	7,4	18,00/16,1	16	40

Таблица 2. Распределение температуры электродвигателя по времени в течение суток

R , ч	18	6
$\vartheta_{шт}$, °С	108	75

$$P_{(x)}(r) = \exp\left(-\lambda_0 \left(r + \sum_{j=1}^K \left(\int_0^{R_j} A_3 dr - R_j\right)\right)\right) \quad (8)$$

Вероятности отказа высоковольтных выключателей, силовых трансформаторов и асинхронных электродвигателей определяется по выражению:

$$Q_{(x)}(r) = 1 - P_{(x)}(r) \quad (9)$$

Кроме моделей оценки показателей безотказности рассматриваемых типов ЭО в любой момент наработки r (формулы (1)–(9)) в [2] приведены модели оценки показателей безотказности на произвольном интервале наработки Δr .

Приведем примеры по оценке надежности асинхронных электродвигателей серии АО на основе реальных данных эксплуатации.

Пример 1. Допустим, для электродвигателя АО2-12-2 (см. табл. 1) были в течение суток измерены эквивалентные (или средние) температуры электродвигателя, значения которых приведены в табл. 2.

Известно, что такое распределение температур наблюдается у данного электродвигателя в течение всего срока службы $R_0=20000$ ч. Принимая $\Delta\vartheta=12,048$ °С; $\vartheta_0=105$ °С, определим фактический сработанный ресурс по формуле (1):

$$R^* = 1 + \sum_{j=1}^K R_j \left(e^{\frac{\vartheta-105}{12,048}} - 1 \right) = 1 + \frac{18}{24} \left(e^{\frac{108-105}{12,048}} - 1 \right) + \frac{6}{24} \left(e^{\frac{75-105}{12,048}} - 1 \right) = 0,983 \text{ о.е.}$$

В именованных единицах $R=0,983 \cdot 20000=19660$ ч. Если продолжать эксплуатировать электродвигатель в нормативных условиях, то его остаточный ресурс составит $R_{ост}=1-0,983=0,017$ о.е., или 340 ч.

Допустим, известно, что далее двигатель будет работать только при температуре 80 °С. Тогда по формуле (2) необходимо определить фактический остаточный ресурс:

$$R_{ост}^* = 0,017 - 0,017 \left(e^{\frac{80-105}{12,048}} - 1 \right) = 0,032 \text{ о.е.,}$$

или в именованных единицах $R_{ост}=0,032 \cdot 20000=640$ ч.

Пример 2. Определим фактический сработанный ресурс электродвигателя АО2-32-2 (см. табл. 1) за 1 пуск продолжительностью $t_{п}=10$ с (затяжной пуск) из холодного состояния при температуре охлаждающей среды $\vartheta_{охл}=30$ °С по формуле (1):

$$R = 10 + \int_0^{10} e^{\frac{1}{105} \left[30 + \frac{r}{200} \left(\frac{4,7,4,8}{\pi \cdot 0,4^2 \cdot 4,2} \right)^2 \right]} dr - 10 = 3,522 \cdot 10^3 \text{ с, или } 0,98 \text{ ч,}$$

где принято $d=0,4$ мм; $n_{п}=4$; $a=2$; $N=200$. Значения K_i и $I_{фн}$ взяты для данного электродвигателя по табл. 1. В относительных единицах формула (4) может быть записана в виде

$$R^* = \frac{1}{10} \int_0^{10} e^{\frac{1}{75} \left[30 + \frac{r}{200} \left(\frac{4,7,4,8}{\pi \cdot 0,4^2 \cdot 4,2} \right)^2 \right]} dr = 352,23 \text{ о.е.}$$

Таким образом, данный электродвигатель за 1 пуск продолжительностью 10 с срабатывает 0,98 ч нормативной эксплуатации. Если принять $R_0=20000$ ч, то

Рубрика ДИАГНОСТИКА И РЕМОНТЫ

Ведущий рубрики



Назарычев Александр Николаевич

Проректор по научной работе Петербургского энергетического института повышения квалификации (ПЭИПК), доктор технических наук, профессор. Заслуженный работник ЕЭС РФ.

Задать вопрос ведущему рубрики

Вы можете через редакцию по e-mail:

vorpros@energyexpert.ru

или через форум Интернет-портала

«Энергоэксперт-online»:

www.energyexpert.ru

Прямая ссылка:

<http://energyexpert.ru/forum/viewforum.php?f=13>

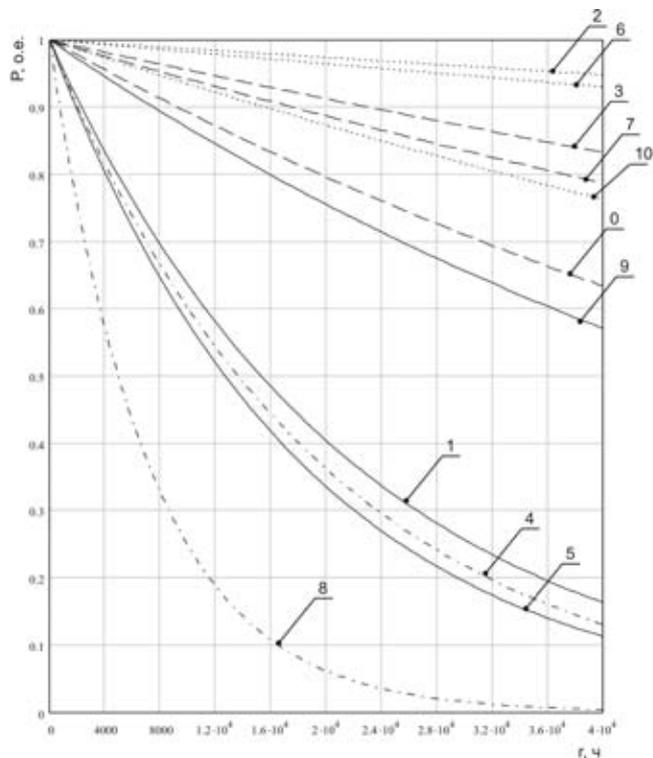


Рис. 1. Вероятность безотказной работы двигателей серии А02 (АОЛ2): номера зависимостей соответствуют номерам двигателей табл. 3; 0 – обычный экспоненциальный закон распределения вероятности безотказной работы при $\lambda_0=0,1$ год⁻¹

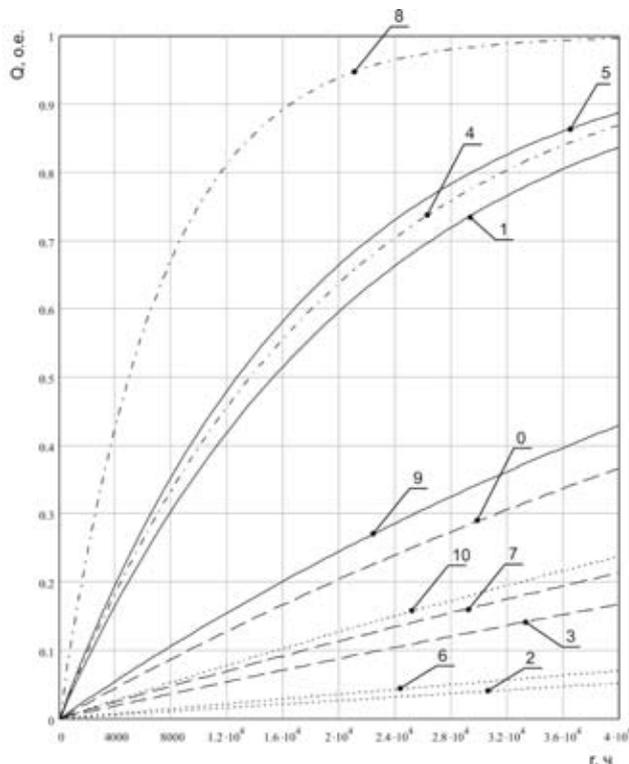


Рис. 2. Вероятность отказа двигателей серии А02 (АОЛ2): номера зависимостей соответствуют номерам двигателей табл. 3; 0 – обычный экспоненциальный закон распределения вероятности отказа при $\lambda_0=0,1$ год⁻¹

Таблица 3. Параметры электродвигателей А02 (АОЛ2)

№	Тип электродвигателя	$P_{ном}$, кВт	$n_{ном}$, об/мин	$s_{ном}$, %	$I_{н}$, А	K_v , о.е.	C , кДж/(°С)	$T_{от}$, мин	$T_{д=2.5T_{от}}$, мин
1	АОЛ2-12-2	1,1	2830	0,302	2,4	6,13	6,90	12	30
2	АОЛ2-22-2	2,2	2860	0,450	4,5	7,15	10,40	8	20
3	АО2-31-2	3,0	2880	0,571	6,1	6,75	14,65	12	30
4	АО2-32-2	4,0	2880	0,678	8,0	7,4	18,00	16	40
5	АОЛ2-12-4	0,8	1350	0,289	2,1	4,4	6,90	14	35
6	АОЛ2-21-4	1,1	1400	0,310	2,7	5,75	8,75	10	25
7	АО2-22-4	1,5	1400	0,375	3,5	5,5	11,50	16	40
8	АО2-31-4	2,2	1430	0,467	4,9	5,4	14,65	24	60
9	АОЛ2-12-6	0,6	910	-	2,0	11,3	6,90	12	30
10	АОЛ2-22-6	1,1	930	-	3,0	4,4	10,4	14	35

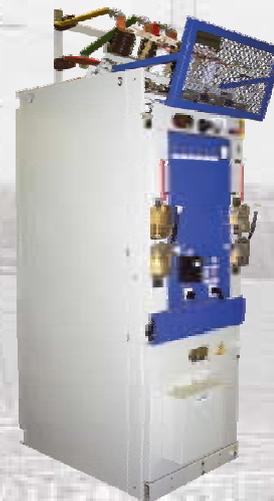
Примечание: $I_{ном}$ – номинальный ток при напряжении 380 В

Таблица 4. Распределение нагрузки электродвигателей по времени в течение суток

№	$P_{нв}/\eta_{нв}/\Delta P_{нв}$, кВт/о.е./кВт			
	5ч	10ч	2ч	7ч
	50% $P_{н}$	90% $P_{н}$	110% $P_{н}$	70% $P_{н}$
1	0,55/0,7/0,236	0,99/0,75/0,33	1,21/0,73/0,448	0,77/0,74/0,271
2	1,1/0,82/0,241	1,98/0,83/0,406	2,42/0,8/0,605	1,54/0,81/0,361
3	1,5/0,8/0,375	2,7/0,84/0,514	3,3/0,83/0,676	2,1/0,82/0,461
4	2/0,82/0,439	3,6/0,86/0,586	4,4/0,83/0,901	2,8/0,83/0,573
5	0,4/0,68/0,188	0,72/0,72/0,28	0,88/0,69/0,395	0,56/0,71/0,229
6	0,55/0,71/0,225	0,99/0,76/0,313	1,21/0,75/0,403	0,77/0,74/0,271
7	0,75/0,78/0,212	1,35/0,82/0,296	1,65/0,79/0,439	1,05/0,81/0,246
8	1,1/0,81/0,258	1,98/0,83/0,406	2,42/0,82/0,531	1,54/0,82/0,338
9	0,3/0,55/0,245	0,54/0,64/0,304	0,66/0,68/0,311	0,42/0,58/0,304
10	0,55/0,7/0,236	0,99/0,74/0,348	1,21/0,74/0,425	0,77/0,72/0,299



TM САМАРА

**КОМПЛЕКТНЫЕ
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ
УСТРОЙСТВА СЭЩ®-**59
61М
63
65
66
68
70
75**КОМПЛЕКТНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРНЫЕ ПОДСТАНЦИИ СЭЩ®-
МОДЕРНИЗИРОВАННЫЕ
УНИВЕРСАЛЬНЫЕ
ГОРОДСКИЕ, НАРУЖНЫЕ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ
СОБСТВЕННЫХ НУЖД
КИОСКОВОГО ТИПА
УНИВЕРСАЛЬНЫЕ МАЧТОВЫЕ, ПРОМЫШЛЕННЫЕ
С АВАРИЙНЫМ ВВОДОМ ОТ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРА
ПОДСТАНЦИИ В МОДУЛЬНЫХ ЗДАНИЯХ****ВАКУУМНЫЕ
ВЫКЛЮЧАТЕЛИ-СЭЩ®
ВВУ-Э(П)З, ВВУ-П, ВВУ-ПО,
ВВУ-Э(П), ВВН-35****КАМЕРЫ СБОРНЫЕ
ОДНОСТОРОННЕГО
ОБСЛУЖИВАНИЯ-СЭЩ®
КСО
КСО-298М****ТРАНСФОРМАТОРЫ ТОКА
И НАПРЯЖЕНИЯ-СЭЩ®
ТОЛ, ТШЛ, ТПЛ, GI, G1F,
GDS, GIS, НОЛ, ЗНОЛ, ЗхЗНОЛ,
GE,GEF, GZ, GZE, НАЛИ****ТРАНСФОРМАТОРЫ-СЭЩ®
ТМ, ТМГ, ТМФ, ТМГФ, ТЛС,
ОЛС, ТМПНГ, ТМПН****РАЗЪЕДИНИТЕЛИ-СЭЩ®**РЛНД
РДЗ
РВ
РВФ(З)
РГП с приводом
РГП УХЛ1
РЛК
РН**ВЫКЛЮЧАТЕЛИ
АВТОМАТИЧЕСКИЕ-СЭЩ®
ВА-В, ВА-ТD,TS****ЭЛЕКТРОТЕХНИКА 0,4 - 220 кВ**

- Комплектные распределительные устройства
- Камеры сборные одностороннего обслуживания
- Комплектные трансформаторные подстанции
- Низковольтные комплектные устройства
- Щиты распределительные одностороннего обслуживания
- Пункты распределительные
- Пункты управления общеподстанционные
- Трансформаторы силовые распределительные масляные
- Силовые трансформаторы малой мощности типа ОЛС
- Распределительные трансформаторы типа ТЛС-40
- Трансформаторы для погружных насосов
- Трансформаторы тока и напряжения
- Разъединители 220 - 35 кВ
- Заземитель типа ЗОН
- Вакуумные выключатели
- Комплекты адаптации
- Модернизация шкафов КРУ и КСО
- Выключатели автоматические
- Токопроводы и шинопроводы 0,4 - 35 кВ
- Цифровая защита типа БМРЗ
- Техническая поддержка, шеф-монтаж, поставка "под ключ"
- Сервисное обслуживание

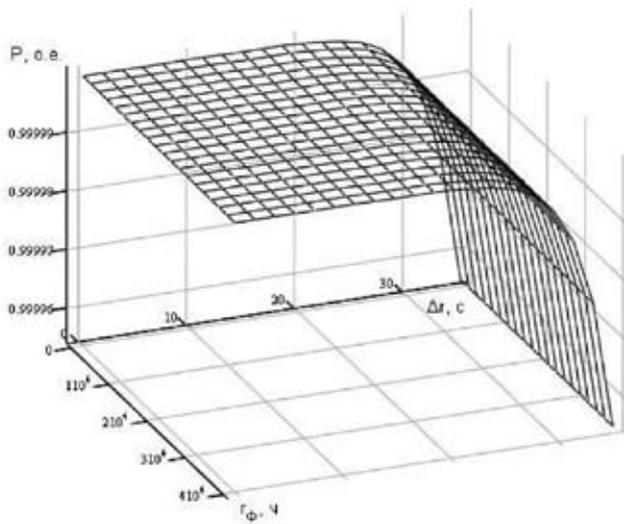


Рис. 3. Вероятность безотказной работы двигателя АОЛ2-12-2 в режиме пуска из холодного состояния

$$P(r) = e^{-\lambda_0 \left(r + \frac{5}{24} \left(e^{\frac{1}{\theta_0} \left[\theta_{\text{окл}} + \frac{\Delta T r}{C} \right] - 1} \right) + \frac{10}{24} \left(e^{\frac{1}{\theta_0} \left[\theta_{\text{окл}} + \frac{\Delta T r}{C} \right] - 1} \right) + \frac{2}{24} \left(e^{\frac{1}{\theta_0} \left[\theta_{\text{окл}} + \frac{\Delta T r}{C} \right] - 1} \right) + \frac{7}{24} \left(e^{\frac{1}{\theta_0} \left[\theta_{\text{окл}} + \frac{\Delta T r}{C} \right] - 1} \right) \right)}$$

$$Q(r) = 1 - P(r),$$

где $\theta_0=105$ °C; $\theta_{\text{окл}}=30$ °C; $\Delta\theta^*=12,048/105=0,115$ о.е.; $R_0=20000$ ч; значения C , T_d – принимается в соответствии с табл. 4.9; $\lambda_0=0,1$ год⁻¹[1]. По данным выражениям на рис. 1 и 2, соответственно, построены кривые вероятностей безотказной работы P и отказа Q .

Определим вероятности безотказной работы и отказа первого электродвигателя (таблица 3) в пусковом режиме (из холодного состояния) при условии, что он фактически сработал ресурс в объеме $r_{\phi}=(0\div 40000)$ ч при длительности пуска $\Delta t=(0\div 30)$ с. Расчеты соответственно с учетом зависимостей (8, 9):

$$P_{\{X\}}(\Delta r) = e^{-\lambda_0 \left(\Delta r + \sum_{j=K+1}^{K2} \int_0^{R_j} e^{\frac{1}{\theta_0} \left[\theta_{\text{окл}} + \frac{r}{N} \left(\frac{4k_{\text{лн}}}{\pi d^2 \eta_{\text{вд}}} \right)^2 \right] - 1} dr - R_j \right)}$$

(10)

$$Q_{\{X\}}(r, r + \Delta r) = \exp(-\lambda_0 r_{\phi}) \times$$

$$\left[1 - \exp \left(-\lambda_0 \left(\Delta r + \sum_{j=K+1}^{K2} \int_0^{R_j} e^{\frac{1}{\theta_0} \left[\theta_{\text{окл}} + \frac{r}{N} \left(\frac{4k_{\text{лн}}}{\pi d^2 \eta_{\text{вд}}} \right)^2 \right] - 1} dr - R_j \right) \right) \right]$$

(11)

где $(K1+1)=K2=1$ и, следовательно, $R_j=\Delta r$; где $N=200$; k_r , $I_{\text{фн}}$ – принимается в соответствии с таблицей 3; $d=0,4$ мм (по паспорту двигателя); $n_{\text{вд}}=2$ (по паспорту двигателя); $a=2$ (по паспорту двигателя). Результаты расчетов по формулам (10) и (11) представлены, соответственно, на рис. 3 и 4.

Таким образом, разработанная в [1, 2] комплексная модель является вполне пригодной для аналитического определения показателей надежности маломощных асинхронных двигателей. Как показали примеры расчетов, модель позволяет расчетным путем оценить технический ресурс двигателя, а также вероятности безотказной работы и отказа в различных режимах работы, в том числе в пусковых режимах. Результаты, получаемые при расчетах, могут служить обоснованием при принятии решений о вариантах дальнейшей эксплуатации (замена, эксплуатация без ограничений, с ограничениями и т.п.) конкретной единицы оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Назарычев А.Н., Андреев Д.А. Методы и математические модели комплексной оценки технического состояния электрооборудования / Иван.гос. энерг. ун-т. – Иваново, 2005. – 224 с.
2. Назарычев А.Н., Таджибаев А.И., Савельев В.А., Андреев Д.А. Современные подходы к решению задач управления техническим состоянием электрооборудования // Энергоэксперт. – 2010. – №1 – с. 58–62.

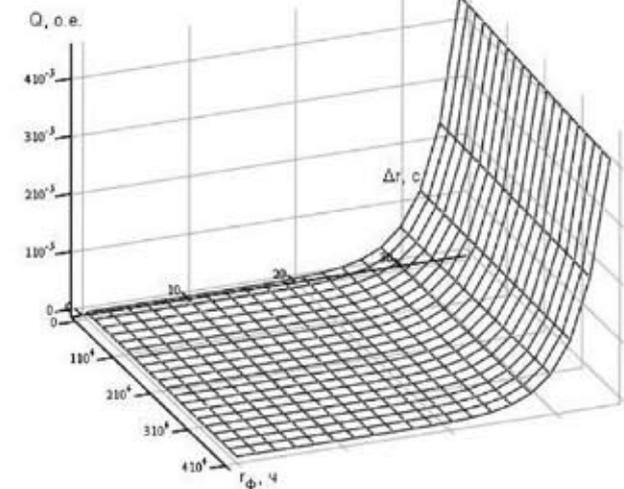


Рис. 4. Вероятность отказа двигателя АОЛ2-12-2 в режиме пуска из холодного состояния

за нормативный срок службы двигатель может выдержать 20000/0,98=20408 пусков из холодного состояния.

Пример 3. Для десяти электродвигателей серии АО2 (АОЛ2), параметры которых указаны в таблице 3, проведены расчеты фактического сработавшего ресурса, а также вероятностей безотказной работы и отказа с учетом их режимов работы и условий эксплуатации. Известно, что в течение всего срока эксплуатации двигатели работали с нагрузкой, указанной в таблице 4.

Для соответствующей мощности двигателей определены КПД $\eta_{\text{дв}}$ (справочные данные), которые также приведены в таблице 4 для каждого режима работы. Кроме того, определены потери мощности в каждом из режимов, результаты расчетов приведены в таблице 4.

Принимая во внимание, что двигатели работают все время в установившемся режиме в соответствии с таблицей 4, с учетом формул (7, 9):

Более двадцати лет мы обеспечиваем стабильное и безопасное энергоснабжение, разрабатывая и изготавливая современные надежные системы релейной защиты и автоматики, точно отвечающие потребностям энергетики

ЗАО «РАДИУС Автоматика»: полный цикл от НИОКР до производства:

- Микропроцессорных терминалов РЗА.
- Шкафов РЗА на базе микропроцессорных терминалов, собственного производства.
- Средств определения повреждения воздушных линий.
- Средств испытаний и диагностики оборудования и линий электропередачи.
- Систем АСУ ТП, АИИСКУЭ для энергетики.

www.rza.ru | radius@rza.ru | +7 (499) 735-22-91 | +7 (499) 732-26-34 | +7 (499) 732-73-95 | +7 (499) 732-22-01 | +7 (499) 735-54-41



ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ НА СЛУЖБЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

НОВИКОВ В.В., начальник лаборатории ФГУП «ВНИИМС»

Достоверный и точный учет энергоресурсов – необходимое условие, позволяющее экономить и зарабатывать на энергосберегающих технологиях. Государственная программа энергосбережения и повышения энергетической эффективности должна опираться на оперативную информацию, которую обеспечивают новейшие средства измерений и коммуникации. Они дают возможность управлять собственным энергопотреблением, снижать потери, делать предсказуемыми расходы. Это автоматизированные системы, которые обеспечивают и потребителю, и энергосбытовыми компаниям контроль и управление потреблением энергоресурсов согласно установленным критериям оптимизации энергосбережения. Такие измерения называют «интеллектуальными измерениями» или «Smart Metering», как принято за рубежом.

Глава Минэнерго РФ Сергей Шматко 17 марта 2011 года сообщил, что Правительство РФ одобрило программу развития систем коммерческого учета электроэнергии, которая предполагает оснащение 48 млн. потребителей по всей России интеллектуальными приборами для учета расходов электроэнергии. Программа, рассчитанная на период до 2020 года, должна принести до 8-9 млрд. рублей ежегодной экономии, отметил министр. «Мы предлагаем решение, которое позволяет в удаленном доступе контролировать расход электроэнергии, выбирать различные тарифные планы, сглаживать пики потребления и, самое, пожалуй, главное – получать в удаленном доступе информацию об энергозатратах», – сказал министр на брифинге. Он сообщил также, что финансирование программы будет идти за счет самих энергетиков, без привлечения бюджетных средств и последствий для тарифов для конечного потребителя. В материалах к заседанию президиума правительства указывалось, что основные цели программы: снижение удельного уровня энергопотребления за счет стимулирования бережливого поведения потребителей энергоресурсов; снижение уровня коммерческих и технических потерь энергии за счет их оперативного выявления и локализации; повышение информационной прозрачности розничного рынка электроэнергии за счет формирования полных и досто-

верных энергетических балансов; повышение надежности энергоснабжения в РФ за счет организации мониторинга параметров энергосистемы.

Программа предусматривает решение следующих ключевых задач:

- формирование целостной и эффективной системы коммерческого и технического учета электроэнергии на основе технологий интеллектуального учета;
- повышение оперативности выявления и реагирования энергоснабжающих организаций на неисправности и технологические нарушения;
- прогнозирование и сглаживание пиков энергопотребления;
- повышение операционной эффективности розничного рынка электроэнергии за счет снижения постоянных расходов;
- повышение эффективности и качества планирования развития энергетических сетей за счет формирования энергетического профиля и прогнозирования его развития в разрезе сегментов сети;
- повышение прозрачности и своевременности расчетов за энергоресурсы;
- стимулирование развития производства инновационной продукции и программно-обеспечения на территории РФ;
- внесение необходимых изменений в нормативно-правовую базу.

Общая длительность реализации мероприятий программы составляет десять лет (с 2011 по 2020 гг.). Реализация программы должна осуществляться поэтапно.

I этап (2011–2012 гг.) подготовительный – стимулирование рынка к использованию интеллектуальных приборов учета, формирование концепции интеллектуального учета, тестирование технологий в ходе реализации «пилотных» проектов.

Сейчас запущено 5 «пилотных проектов»: три российских компаний и две иностранных по 10 тысяч точек измерений на одну компанию. Их этих 10 тысяч учет приблизительно разделен поровну в многоквартирных и в отдельно стоящих домах. Основной регион «пилотных проектов» – Пермский край. В конце 2011 года удачные проекты будут рекомендованы к распространению в других регионах.

II этап (2012–2015 гг.) переходный – введение в действие изменений в законодательство, реализация проектов по интеллектуальному учету в части вновь создаваемых систем. По итогам этапа возможен пересмотр состава мероприятий третьего этапа.

III этап (2016–2020 гг.) – масштабное тиражирование технологий интеллектуального учета.

По результатам реализации I этапа предусматривается формирование федеральной концепции и целевой модели интеллектуального учета электроэнергии, осуществление детальной оценки стоимости реализации II и III этапов программы и определение источников их финансирования.

Бесплатная электронная версия журнала предоставлена компанией



Другие номера журнала на сайте редакции:

Основным результатом реализации программы за весь срок ее реализации предусматривается обеспечение:

- технической возможности выбора тарифа электроснабжения, удаленного считывания показаний, формирования и анализа профиля энергопотребления для 90 % потребителей электроэнергии;
- снижения общих потерь электроэнергии в процессе передачи до конечного потребителя на 25 %;
- снижения среднего времени продолжительности отключений энергоснабжения на 10 %;
- снижения количества обращений и жалоб конечных потребителей в энергоснабжающие организации на 30 %;
- снижения удельного потребления электроэнергии на 10 %.

SMART METERING В ЕВРОПЕ И В АМЕРИКЕ

База установленных «умных» счетчиков в Европе на конец 2008 года составляла 39 млн. приборов. К 2014 году специалисты исследовательской компании Berg Insight прогнозируют их увеличение вдвое. В мире работает не один десяток фирм-поставщиков и интеграторов

интеллектуальных измерений. Так, итальянский концерн Enel S.p.A, который реализовал при поддержке государства самый крупный в мировой истории проект внедрения «умных» счетчиков – около 30 млн. единиц. В этот проект были интегрированы решения ведущих компаний в области измерительной и вычислительной техники, средств коммуникаций: AMPY (Великобритания), Echelon Corporation и IBM (США). В Америке следует выделить крупного разработчика и производителя интеллектуальных средств измерений электрической энергии компанию Echelon Corporation.

ПЕРСПЕКТИВЫ SMART METERING В РОССИИ

В нашей стране продвижение технологий «умных» счетчиков происходит при активном участии правительства. Основой для этого служит Федеральный закон от 23.10.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности». В нем отражена главная мысль, состоящая в том, что экономия энергетических ресурсов невозможна без надлежащего учета. В законе не содержится конкрет-

ного определения или перечня приборов, которые необходимо использовать для учета электроэнергии, воды, тепла и газа. Однако, принимая во внимание сложность поставленной задачи, для ее решения потребуются именно «умные» счетчики энергоресурсов.

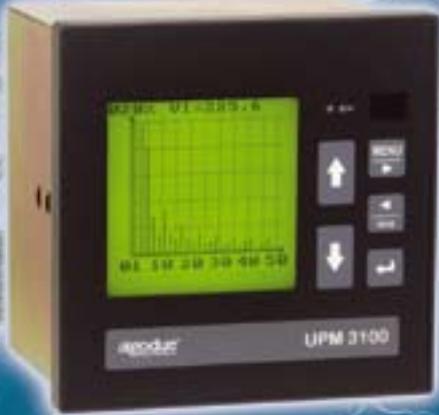
В рамках федеральной программы «Считай, экономь и плати» в Перми началась реализация пилотного проекта в области установки «интеллектуальных» приборов учета. Он поможет выработать типовое решение по интеллектуальному учету на основе технологии Smart Metering с возможностью удаленного снятия показаний приборов. Такая технология даст потребителю возможность управлять объемами и стоимостью своего потребления.

По результатам реализации проекта будут сформулированы единые технические требования Российской Федерации к средствам «интеллектуального учета» электрической энергии. Также планируется определить эффективность и сроки окупаемости проекта по установке систем учета электроэнергии, соответствующих концепции Smart Metering. По итогам реализации и апробации пилотного проекта



Energy Management & Power Quality

УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ









ПРИМЕНЕНИЕ

- Учет и мониторинг электроэнергии
- Анализ качества электроэнергии
- Оптимизация энергопотребления
- Контроль максимального энергопотребления
- Компенсация реактивной мощности

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- Измеряемые параметры: напряжение, ток, энергия, мощность, частота и др.
- Измерение гармонических искажений по току и напряжению
- Управляющие входы/выходы сигнализации
- Гибкость конфигурации
- Фирменное программное обеспечение

Приборы внесены в Госреестр СИ и рекомендованы к применению на территории РФ



Энерготехническая компания ДЖОУЛЬ

ООО ЭТК "ДЖОУЛЬ", 111141, Москва, Электродная ул., д.2, стр.12, офис 305а, тел./факс: (495) 363-18-67, e-mail: mail@joule.ru, www.algodue.ru

появится возможность актуализировать бизнес-процессы, связанные с коммерческим учетом электроэнергии в сетевых и энергосбытовых организациях.

Эксплуатацию первых элементов системы «интеллектуального учета» электроэнергии в Перми планируется начать в третьем квартале 2011 года.

ОСНОВНЫЕ ПРИЗНАКИ SMART METERING У СЧЕТЧИКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Их шесть:

1) Новшества касаются в меньшей степени принципа измерений электрической энергии, а в большей – функциональных возможностей приборов.

2) Дополнительными функциями выступают, как правило, измерение мощности за короткие периоды, коэффициента мощности, измерение времени, даты и длительности провалов и отсутствия питающего напряжения.

3) Счетчики имеют самодиагностику и защиту от распространенных методов хищения электроэнергии, фиксируют в журнале событий моменты вскрытия кожуха, крышки клеммной колодки, воздействий сильного магнитного поля и других воздействий как на счетчик, его информационные входы и выходы, так и на саму электрическую сеть.

4) Наличие функций для управления нагрузкой и подачи команд на включение или отключение электрических приборов.

5) Более удобные и прозрачные функции для потребителей и энергоснабжающих организаций, позволяющие выбирать вид тарифа и энергосбытовую компанию, в зависимости от потребностей в энергии и возможности ее своевременно оплачивать.

6) Интеграция измерений и учета всех энергоресурсов в доме для выработки решений, минимизирующих расходы на оплату энергоресурсов. В эту стратегию вовлекаются как отдельные потребители, так и управляющие компании домами, энергоснабжающие и сетевые компании.

Как вы понимаете, «умные» счетчики и все их алгоритмы работы основываются на правильном функционировании их программного обеспечения, которое порой обрабатывается годами на разных объектах в разных условиях эксплуатации с разными техническими требованиями и правовыми нормами отдельных регионов России.

Чтобы при испытаниях в целях утверждения типа средств измерений не заниматься исследованием всего спектра ПО «интеллектуальных» счетчиков, целесообразно выделить в них метрологически значимую часть, которая будет оставаться неизменной, и будет присуща только этому утвержденному типу. Для этого необходимо удовлетворить требованиям ГОСТ Р 8.654-2009. Государственная система обеспечения единства измерений. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ. Основные положения.

Требования к разделению программного обеспечения счетчиков

Метрологически значимыми параметрами считаем:

- параметры инициализации регистров измерительной микросхемы;
- коэффициенты пересчета регистров измерительной микросхемы в именованные величины.

Метрологически значимыми данными (переменными) считаем:

- начальные показания счетчика на момент включения;
- задания метрологически значимых параметров счетчика в момент его юстировки.

Метрологически значимым программным обеспечением считаем:

- функции взаимодействия с измерительной микросхемой;
- функции вычисления метрологически значимых величин;
- функции чтения и записи в энергонезависимую память длительного хранения (EEPROM) метрологически значимых параметров;
- интерфейсные функции взаимодействия с метрологически незначимыми блоками ПО счетчика.

Метрологически значимое ПО собираем в отдельный программный модуль (измерительный модуль).

ТРЕБОВАНИЯ К ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

В измерительном модуле есть функция, которая вычисляет версию ПО и контрольную сумму всех функций измерительного модуля. Контроль целостности ПО измерительного модуля может быть осуществлен в любое время посредством его чтения и сравнения с первоначальным значением.

ТРЕБОВАНИЯ К ВЛИЯНИЮ ЧЕРЕЗ ИНТЕРФЕЙС ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ И ИНТЕРФЕЙС СВЯЗИ

В пользовательском интерфейсе не должно быть функций, непосредственно взаимодействующих с измерительным модулем. В интерфейсах связи не должно быть функций, непосредственно взаимодействующих с измерительным модулем.

ТРЕБОВАНИЯ К ЗАЩИТЕ ОТ СЛУЧАЙНЫХ ИЛИ НЕПРЕДНАМЕРЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

Во время работы код изменить нельзя ввиду технических особенностей используемых микропроцессоров. Для защиты данных:

- сделать переменные измерительного модуля «невидимыми» для других модулей ПО счетчика;
- осуществлять проверку целостности данных измерительного модуля, в случае возникновения ошибки «сигнализировать».

ТРЕБОВАНИЯ К ЗАЩИТЕ ОТ ПРЕДНАМЕРЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Код ПО изменить нельзя. Он программируется только на этапе производства по специальному интерфейсу, который недоступен без съема крышки корпуса счетчика.

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ

При метрологически значимых вычислениях не используются внешние данные. Счетчик является средством измерения активной и реактивной энергии. Энергия фиксируется в виде кВт·ч. (и соответственно в квар·ч) нарастающим итогом с момента производства счетчика.

ЛИТЕРАТУРА

1. МИ 3286 – 2010 рекомендация. Государственная система обеспечения единства измерений. Проверка защиты программного обеспечения и определение ее уровня при испытаниях средств измерений в целях утверждения типа.

2. МИ 2891 – 2004 рекомендация. Государственная система обеспечения единства измерений. общие требования к программному обеспечению средств измерений.



IPNES 2011



ИННОВАЦИИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

6–8 сентября 2011

ВП «ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ», МОСКВА, ВВЦ

Ключевые вопросы конференции:

- Что мы понимаем под термином Интеллектуальная энергетика и есть ли у этого понятия будущее?
- Основные направления развития интеллектуальной энергетики
- Цифровая подстанция и глобальная система мониторинга переходных режимов (WAMS и WACS)
- Диагностика электротехнического оборудования и управление ремонтами
- Автоматизация и системы управления распределительными электрическими сетями
- Интеллектуальный учет и энергосбережение
- Распределенная генерация, «чистая энергетика» и системы накопления энергии

www.ipnes-expo.ru

+7 (495) 228-60-05, mda@energyexpert.ru

Конференция проводится в рамках выставок IPNES 2011 и ITenergy 2011

Организаторы:



МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ИНВЕЗ
некоммерческое партнерство



Электрификация
партнерство



ЭНЕРГОЭКСПЕРТ
информационно-аналитический журнал

ОБЪЕДИНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ И ОПЕРАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СЕТИ

КАРЛОС А. РОМЕРО (CARLOS A. ROMERO), компания Ventyx

Для энергетических компаний характерно проведение мероприятий, призванных решить три основные задачи: удовлетворение быстрого энергопотребления, повышение надежности электроснабжения и уменьшение выбросов углекислого газа. Продвинувшись в решении этих задач помогают новейшие технологические достижения. Они наиболее заметны в таких областях, как сети связи, датчики, устройства управления и защиты, дистанционное управление, измерения в режиме реального времени, распределенные и возобновляемые источники энергии, электромобили, управление спросом, взаимодействие с потребителями, программное обеспечение для управления и оптимизации процессов.

В этой связи можно выделить несколько основных проблем. Первая группа проблем относится к адаптации новых технологий, которые в своем большинстве не испытаны и не проверены в полевых условиях. Вторая группа относится к недостатку отраслевых стандартов, протоколов и инструкций, необходимых отрасли с очень высокими требованиями к надежности и качеству управления. Наконец, последняя группа проблем относится к существующему разрыву внутри предприятия между техническими процессами и принятием бизнес-решений. Этот разрыв отражается на бизнес-процессах, IT-инфраструктуре и интеграции IT-решений, согласованности рабочих процессов и своевременности взаимодействия.

Наиболее часто такой разрыв присутствует между бизнес-приложениями (сфера IT) и системами управления и контроля (сфера OT).

ОБЪЕДИНЕНИЕ IT И OT

Объединение IT и OT жизненно необходимо для успешного внедрения новых технологий в рамках интеллектуальной сети.

Информационные технологии по большей части представлены в виде программного обеспечения для принятия коммерческих решений, планирования, управления бизнес-процессами и распределения ресурсов. Помимо прочего, информационные технологии применяются в следующих областях:

- планирование ресурсов предприятия – ERP. Управление физическими активами, финансовыми, человеческими и материально-техническими ресурсами;
- управление основными фондами предприятия – EAM. Контроль цепочки поставок, управление материально-техническим снабжением, физическими активами предприятия и режимами их работы;
- управление мобильными ремонтными бригадами – MWFM. Управление мобильными ремонтными бригадами, составление карт, графиков и оптимизация работ;
- управление сведениями о потребителях – CIS. Управление сведениями о потребителях, обработка данных измерений, проведение финансовых расчетов и выставление счетов;
- управление энергетическим портфелем – EPM. Планирование объемов производства электроэнергии, оптимизация портфеля, составление графиков, торговля электроэнергией и управление рисками, анализ рынка, управление розничными продажами электроэнергии, прогнозирование цен и энергопотребления, выполнение требований ИСО, проведение финансовых расчетов и анализ последствий;

- управление спросом – DRMS. Составление программ управления спросом и создание виртуальных электростанций (ВЭС);

- передовая измерительная инфраструктура – AMI. Получение и обработка данных измерений (периодическое или не периодическое). Включает в себя дистанционное считывание показаний приборов учета и, возможно, дистанционное управление.

Операционные технологии представлены программными средствами, обеспечивающими управление оборудованием электрических сетей в режиме реального времени (или почти реального времени). Помимо прочего, операционные технологии применяются в следующих областях:

- диспетчерское управление и сбор данных в режиме реального времени – SCADA;
- управление распределением электроэнергии – DMS. Контроль сетей распределения электроэнергии и управление ими. Включает в себя такие передовые функции, как локализация неисправностей, изолирование и ремонт неисправных участков, оптимизация значений напряжения и реактивной мощности, оценка состояния, управление перерывами электроснабжения (OMS);
- управление энергопотреблением – EMS. Контроль сетей передачи электроэнергии и управление ими;
- информация о географическом положении – ГИС. Составление карт и получение информации о географическом положении.

Исторически, IT и OT являлись зоной ответственности различных отделов компании. Операционный отдел энергетической компании отвечает за эксплуатацию, контроль и управление

электрической системой и обеспечивает надежность электроснабжения, качество и стоимость электроэнергии в рамках диапазонов, заданных нормативными документами и директивами соответствующих организаций (в США, например, это NERC, Комиссия по коммунальным услугам, FERC и т. д.).

Операционный отдел осуществляет фактическое управление оборудованием и инфраструктурой, которые являются частью электрической сети: электроагрегаты, сеть передачи электроэнергии, подстанции, сеть распределения электроэнергии, радиальные линии электропередачи, счетчики электроэнергии и т. д. Контроль и управление осуществляются соответствующими устройствами управления и защиты, такими как реле, автоматические выключатели, коммутационные аппараты, регуляторы напряжения, конденсаторные батареи и устройства защиты отходящих линий. Ввиду особенностей и характеристик электрических систем, основные параметры работы операционного отдела – скорость и точность выполнения операций (все изменения в сетях происходят очень быстро, что требует непрерывного контроля баланса между потреблением, потерями и производством электроэнергии) с целью обеспечения функционирования сети, т.е. соблюдения, помимо прочего, законов Ома и Кирхгоффа. Решения, принимаемые операционным отделом, направлены на выполнение следующих задач (в порядке приоритетности):

1. **Защита сети** – предотвращение неисправностей, способных повредить или уничтожить дорогостоящее оборудование и инфраструктуру.

2. **Обеспечение электроснабжения** – предотвращение перерывов электроснабжения и отключений путем полного удовлетворения потребности в электроэнергии.

3. **Снижение эксплуатационных расходов** – удовлетворение потребности в электроэнергии наиболее экономичным способом.

Для достижения этих целей используются эффективные операционные технологии (ОТ).

Коммерческий отдел компании ответственен за принятие решений, планирование объемов производства электроэнергии, планирование производства,

распределение ресурсов и оборудования и помощь в выполнении операций, необходимых для упрощения работы операционного отдела, например, торговля электроэнергией, выбор топлива, отправка ремонтных бригад, взаимодействие с потребителями и т. д.

В принятии решений на уровне компании обычно вовлечены (прямо или косвенно) несколько отделов; например, при отправке бригады на ремонт трансформатора задействуются отдел внеофисного обеспечения (персонал и транспортные средства), финансовый отдел, отдел кадров, отдел управления запасами/склад и отдел работы с потребителями (если работы по техническому обслуживанию причиняют неудобства жителям). Участие нескольких отделов в решении каждой задачи и принятии каждого решения требует тесной интеграции систем и приложений на уровне предприятия, что должно обеспечиваться производительной и совместимой ИТ-инфраструктурой.

Информационные технологии (ИТ) играют главную роль в эффективном принятии решений менеджерами энергетической компании. Интеграция данных и программных средств, управление интеллектуальными ресурсами предприятия, обеспечение способности оборудования обрабатывать сложные последовательности операций и отображение географического положения, координация работ и составление отчетности – лишь некоторые задачи, выполнение которых облегчается применением ИТ, что повышает эффективность работы коммерческого отдела.

С появлением интеллектуальных сетей возникли две основные проблемы:

1. Потребность в интеграции в электрическую сеть оборудования новых типов и новых компаний, обеспечение их «операционной готовности» с учетом всех сложностей эксплуатации взаимосвязанных электрических сетей. Это могут быть электромобили, программные средства управления спросом, устройства, подключенные к домашней сети (ДС), распределенные генераторы электроэнергии (в том числе солнечные панели) и крупные возобновляемые источники энергии (например, ветрогенераторы).

2. Потребность в режиме почти реального времени обрабатывать боль-

шой объем «новых» данных, которые будут поступать в операционный и коммерческий отделы энергетической компании. Данные, помимо прочего, будут поступать от новых устройств и датчиков, установленных по всей протяженности линий передачи и распределения электроэнергии, измерительных приборов (AMI), станций зарядки электромобилей и устройств, подключенных к домашней сети.

Для решения двух указанных выше задач коммерческому и эксплуатационному отделам придется столкнуться с серьезными трудностями в сфере инфраструктуры, коммуникаций, бизнес-процессов и координации. В данный момент крайне необходимо интегрировать средства управления в режиме реального времени в процессы принятия бизнес-решений и используемые программные приложения. Эффективное решение этой задачи не только устранит указанные выше проблемы, но, что важнее, преобразует энергетическую отрасль так, как никогда прежде.

Концепция интеллектуальной сети предполагает повышение операционной эффективности, снижение расходов и повышение экологичности, одновременно обеспечивая подключение нового оборудования и новых компаний к электрическим сетям. Реальная интеграция ИТ и ОТ не только поможет достичь этих целей, но и расширит возможности повышения прибылей и эффективности энергетических компаний.

Интеграция ИТ и ОТ позволит объединить системы SCADA, EMS и DMS с такими программными приложениями, как EAM, EOM, CIS, MWFM и DRMS.

В сфере интеллектуальных сетей появились новые концепции, такие как Центр здоровья оборудования или Самовосстановление подстанций; реализация этих концепций возможна только благодаря интеграции ИТ и ОТ. Далее приведены возможные сценарии, касающиеся применения этих концепций.

ЦЕНТР ЗДОРОВЬЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Центр здоровья оборудования (АНС) – это следующее поколение систем управления основными фондами предприятия (EAM). С помощью АНС и используя систему SCADA (или аналогичную систему сбора данных), энергоснабжающая компания может автоматизи-

Бесплатная электронная версия журнала предоставлена компанией

Другие номера журнала на сайте редакции:



чески в режиме почти реального времени контролировать состояние всего оборудования подстанции. Эти данные поступают в систему ЕАМ. Традиционно, системы ЕАМ хранят и обрабатывают данные об оборудовании и сопутствующих работах, таких как техническое обслуживание этого оборудования, основываясь преимущественно на указаниях производителя по техническому обслуживанию и требуемых работах и не учитывая фактические рабочие условия или режимы нагружения, наличие подключений, рабочие параметры и т. д.

Современные программные средства, обрабатывающие данные об оборудовании в режиме почти реального времени, могут использоваться для диагностического обслуживания, определения тенденций и прогнозирования характеристик этого оборудования. Благодаря такой диагностике можно не только определить влияние (техническое и экономическое), которое эффективность конкретного оборудования оказывает на систему в целом, но и определить восстановительные операции, способные улучшить характеристики этого оборудования. В некоторых

случаях, мероприятия по улучшению характеристик конкретного оборудования зависят от размещения другого оборудования или систем.

САМОВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОДСТАНЦИИ

Самовосстановление подстанции (SSH) – это система следующего поколения, объединяющая системы управления основными фондами предприятия (ЕАМ), мобильными ремонтными бригадами (MWFМ), распределением электроэнергии (DMS) и автоматизации подстанции (SA). С помощью SSH энергетическая компания может автоматически управлять подстанцией, а также осуществлять контроль над ней. Системы SSH обладают обширным набором возможностей в зависимости от уровня интеграции и автоматизации. Одними из основных функций систем SSH являются дистанционный контроль и управление, управление оборудованием, локализация неисправностей, изолирование и ремонт неисправных участков. Благодаря контролю характеристик оборудования и рабочих условий в режиме почти реального времени, система SSH позволяет

энергетической компании использовать алгоритмы моделирования не только текущих, но и будущих рабочих условий, что позволят предсказать возможные неисправности оборудования и аварийные состояния системы. Анализ этой информации помогает определить образ действий по замене и ремонту оборудования, способного выйти из строя (управление оборудованием и режимами его работы, управление мобильными бригадами), а также создать сценарий работы сети, позволяющий изолировать будущие неисправные участки и минимизировать их влияние на конечных потребителей. Для решения этой задачи может потребоваться изменение конфигурации радиальных линий, использование системы управления спросом (DR) или подключение к сети дополнительных распределенных источников энергии (РИЭ) с целью разнообразить типы используемых источников электроэнергии. Служба работы с потребителями известит соответствующих потребителей о будущих отключениях и ожидаемых сроках ремонта. После замены или ремонта оборудования будет приведен в действие уже готовый сценарий по ре-

18-21 октября
г. УФА

РОССИЙСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ФОРУМ

XVII международная специализированная выставка
ЭНЕРГЕТИКА УРАЛА

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА:
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ
КАБЕЛЬ. ПРОВОДА. АРМАТУРА
ЭЛЕКТРО- И СВЕТОТЕХНИКА

ОРГКОМИТЕТ: Тел./факс: (347) 253 09 88, 253 38 00, 253 14 34
E-Mail: energo@bvkexpo.ru, www.bvkexpo.ru

БВК БАШКИРСКАЯ ВЫСТАВОЧНАЯ КОМПАНИЯ

Бесплатная электронная версия журнала предоставлена компанией



Другие номера журнала на сайте редакции:

конфигурации сети и ее возвращения в нормальное рабочее состояние.

АНС и SSH – всего лишь два примера систем, реализация которых стала возможной благодаря объединению ИТ- и ОТ-инфраструктур. По мере увеличения разнообразия технологий, применяемых в электроэнергетике, и росте числа занятых в отрасли компаний можно будет создать намного больше примеров применения и сценариев.

ЦЕНТР УПРАВЛЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СЕТЬЮ

Традиционная схема функционирования энергетических компаний основана на применении крупного центра управления линиями электропередачи, который осуществляет контроль и управление магистральными линиями электропередачи и электростанциями в пределах огромного географического региона. Ввиду особенностей систем производства и передачи электроэнергии, при анализе системы эти центры изначально могли применять только «упрощенные» модели, такие как «одна линия» или «сбалансированные потоки мощности». Кроме того, эти центры управления обладают

относительно небольшим количеством точек управления (количество линий с однонаправленными потоками мощности, линий обмена мощностью, генераторов электроэнергии и подстанций линий электропередачи обычно составляет от сотен до нескольких тысяч).

Для контроля и управления оборудованием в небольших географических зонах используются небольшие центры управления сетью распределения электроэнергии, обладающие большим количеством точек контроля и управления (подстанции, радиальные линии, распределительные и сервисные трансформаторы, приборы учета – количество которых обычно составляет от сотен и тысяч до нескольких миллионов).

Создание интеллектуальной сети приведет к появлению еще больших точек управления (электромобили, солнечные батареи, аккумуляторные батареи, небольшие РИЭ, системы управления спросом, ВЭС и т. д.). Эти точки управления, при их появлении в огромных количествах, будут влиять не только на работу географически изолированной сети распределения электроэнергии, но и на работу систем пере-

дачи электроэнергии, межсистемных связей и крупных электростанций.

В настоящее время разрабатывается новая концепция – Центр управления интеллектуальной сетью (SGCC). Как правило, он представляет собой центр управления на основе инфраструктуры SCADA для сети распределения электроэнергии и включает современные приложения систем DMS, OMS, GIS, MWFM, EAM, VPP, DRMS, CIS, AMI и EPM (включая UC/ED и ETRM), что упрощает эксплуатационную и коммерческую интеграцию в сеть распределения электроэнергии электромобилей, распределенных источников энергии, систем управления спросом, возобновляемых источников энергии, виртуальных электростанций и устройств, подключенных к домашней сети.

SGCC будет играть основную роль в управлении сетью распределения электроэнергии. Традиционные центры управления производством и передачей электроэнергии по-прежнему будут осуществлять контроль и управление межсетевыми связями и обменом электроэнергией между SGCC.

КОММЕНТАРИЙ ЭКСПЕРТА



ОСОРИН М. П.,
генеральный директор
компании Intelica

Повсеместное развитие информационных и операционных технологий, а также инновации, проведенные за последние 10 лет, дали возможность объединить достижения в области инженерии, ИТ и коммуникаций в энергетической отрасли и создать новый вид энергетики – интеллектуальный.

Появление описанных в статье новых концепций, таких как Центр здоровья оборудования или Самовосстановление подстанций дает надежду, что прогрессивное становление «умных» сетей не зашло в тупик и способно дать жизнь новым формам и технологиям.

В частности, повсеместная информатизация и даже виртуализация энергетики рождает такие немислимые прежде инновационные концепции, как, к примеру, проект Trustworthy Clouds (Надежные Облака), реализуемый европейским консорциумом исследователей и академиков. Пилот направлен на разработку прототипа для тестирования усовершенствованной облачной инфраструктуры, способной улучшить безопасность и конфиденциальность ИТ-систем, действующих внутри интеллектуальной сети. В рамках проекта будет продемонстрировано, как энергосберегающие системы типа

интеллектуальных приборов учета и онлайн-систем контроля за потреблением энергии можно встроить в облачную инфраструктуру. Это позволит защитить сеть от возможных нападений хакеров и сбоев в системе.

Концепция интересна – остается только ждать результат.

В целом, облачные вычисления становятся неотъемлемой частью ИТ-жизни, и их объединение с операционными технологиями может стать еще одним фактором, позволяющим обеспечить надежность, безопасность и эффективность электрической сети.



КОММЕНТАРИЙ ЭКСПЕРТА



АЛЕКСАНОВ А.А.,
генеральный директор
Power Grid Engineering

Идей автоматизации великое множество, но подтверждаются ли они необходимостью? Последнее время около модного термина «интеллектуальные сети» (Smart Grid) под многообещающими лозунгами рождается множество интересных идей, красивых технических и организационных решений. Но существует большая вероятность того, что эта тема так и останется модным течением времени, не поддержанным реальными российскими условиями. Таких начинаний в практике автоматизации российских (советских) технологий немало.

Практика показывает, что при современном обилии научно-технических решений и наличии специалистов в области информационных технологий практически любая идея автоматизации технологического процесса (операционных технологий) будет сравнительно быстро решена в лабораторных условиях. И таких примеров в России немало. Без сомнения, под пилотные проекты могут быть созданы научно-технические полигоны, будут разработаны и опробованы в условиях этих полигонов различные варианты автоматизированных систем управления, включая технические и организационные решения. Но выживут ли эти решения вне «тепличных условий» полигонов? Что будет потом? Не окажутся ли они в числе «мертворожденных»?

Причин «мертворожденных» технических решений автоматизации множество, но основная (из практики автоматизации) – оторванность предложенных решений от каждодневных потребностей в них со стороны заказчиков. Мода проходит, лозунги, отработав свои задачи, устаревают. И, к сожалению, когда-то широко обсуждаемые идеи автоматизации становятся «ненужными игрушками». О них скромно забывают.

Сегодня наблюдается увлеченное обсуждение различных технических и организационных решений, определяющих форму интеллектуальных сетей, разрабатываются основные направления, концепции и программы, но не уделяется должного (может быть и никакого) внимания условиям устойчивого существования этих форм. Какими будут «интеллектуальные сети» России? Какие условия определяют их устойчивую форму существования и стабильное развитие? Без ответа на эти вопросы инвестиции в Smart Grid могут оказаться не окупаемыми, а предложенные решения ненужными.

Компания PGE тесно сотрудничает с немецкой фирмой KISTERS (наш основной партнер), которая занимает лидирующие позиции в создании систем управления интеллектуальными сетями Германии. В рамках сотрудничества мы на практике познакомились с вопросами создания и практической реализации интеллектуальных сетей Германии и систем управления этими сетями. Что же инициализирует развитие и поддерживает функционирование этих сетей и систем управления?

Ответ очень простой: условия экономической целесообразности, закрепленные нормативными и правовыми документами (нормативно-правовая основа интеллектуальных сетей). Нормативно правовая основа определяет каждодневную потребность и устойчивость технических и организационных форм, а также их экономическую целесообразность. В Европе свои правила, в Америке – свои. В соответствии с этими правилами разработаны и применяются технические и организационные решения. Обсуждения европейских и американских решений Smart Grid в условиях существующих российских правил еще будут некоторое время продолжаться на научно-технических конференциях, но могут

печально закончиться тупиковыми испытаниями на полигонах из-за отсутствия каждодневных потребностей в этих решениях и к декларируемой экономической эффективности эти решения не приведут.

Устойчивое развитие интеллектуальных сетей возможно только при наличии утвержденных правовых документов, обеспечивающих защиту инвестиций в этом направлении. С другой стороны, какие будут правила – такие будут и интеллектуальные сети! Можно оставаться и в рамках существующих российских правил, но тогда мы вернемся к знаменитой формуле: «хотели как лучше, а получилось как всегда», ведь не изменив условия, мы не обеспечим развитие.

Сегодня продолжение темы интеллектуальных сетей настоятельно требует детального анализа российских и зарубежных нормативных и правовых документов в отношении выдвигаемых идей, определения необходимости разработки новых нормативно-правовых документов и их разработку.

Наша компания занимается продвижением идей автоматизации интеллектуальных сетей и готова предложить практические решения из Германии, адаптировав их под российские условия. PGE предлагает приступить и к формированию нормативно-правовой основы (российских условий), обеспечивающей надежное существование и эффективное развитие технических и организационных решений Smart Grid.

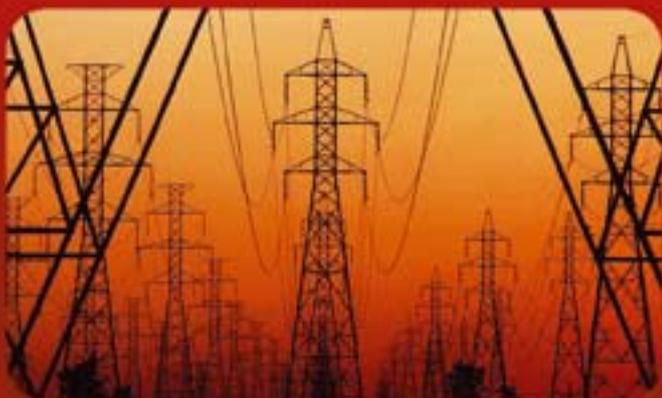
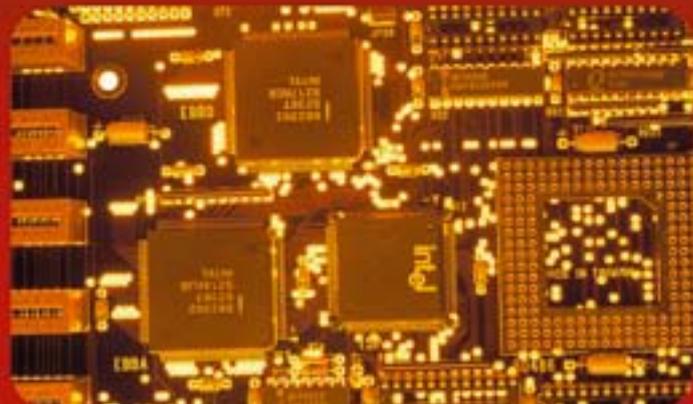
Резюмируя, следует сказать, что реально внедрение ИС произойдет только после создания соответствующих экономических условий и законодательной базы, что с неизбежностью приведет участников рынка электроэнергетики как к развитию самих технологий генерации, передачи и потребления энергии, так и к взрывному росту обеспечивающих информационных технологий.



В РАМКАХ ФОРУМА «ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ ЭКОНОМИКА»

При поддержке Министерства энергетики РФ,
Министерства промышленности и энергетики Ростовской области

16-18 НОЯБРЯ



ВЫСТАВКИ



ЭНЕРГОПРОМЭКСПО
ЭЛЕКТРОПРОМЭКСПО

- Генерирующие мощности
- Передача, распределение и учет электро- и тепловой энергии, газоснабжение
- Энергетическое машиностроение
- Электротехническое оборудование
- Энергосбережение
- Безопасность энергообъектов и экологическая безопасность

ВЕРТОЛ
ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР **EXPO**

РОСТОВ-НА-ДОНУ, ПР. М. НАГИБИНА, 30

Тел. (863) 268-77-68; volodko@vertolexpo.ru; www.vertolexpo.ru

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ
ИНФОРМАЦИОННЫЙ СПОНСОР



ПОЧЕТНЫЙ
ИНФОРМАЦИОННЫЙ СПОНСОР



Предлагаем вашему вниманию подборку наиболее актуальных мероприятий, которые будут проводиться в сентябре 2011 года

Семинары «ИПК госслужбы»

г. Москва, ул. Садовническая, д. 77, стр. 1
(495) 951-11-11, 953-25-83, www.ipkgos.ru

ЭНЕРГОСБЫТОВЫМ СЛУЖБАМ

Расчет тарифов на электрическую энергию и платы за услуги по ее передаче

14-16 сентября 2011 г.

- антимонопольное регулирование на рынках электрической энергии в условиях завершения переходного периода реформирования электроэнергетики;
- применение антимонопольного законодательства арбитражными судами и антимонопольными органами;
- правовой аспект регулирования цен на электрическую энергию в рамках новых правил функционирования оптовых и розничных рынков электроэнергетики;
- договор оказания услуг по передаче электроэнергии и договор оказания услуг об осуществлении технологического присоединения энергопринимающих устройств;
- опыт формирования и расчета тарифов на услуги по передаче электрической энергии. Тарифы на электрическую энергию для конечного потребителя;
- оценка уровня потерь электроэнергии в электросетях при установлении тарифов.

РЕМОНТНЫМ СЛУЖБАМ

Подготовка и организация ремонта и модернизации оборудования ТЭС

19-30 сентября 2011 г.

- инвестиционная программа развития энергетики на перспективу;
- основные направления развития энергоремонта после реформирования. Энергосбережение и энергоэффективность;
- организация и планирование ремонтного обслуживания. Сетевые методы планирования и управления ремонтными работами;
- создание рынка услуг по техническому перевооружению и ремонту энергооборудования. Электронные торговые площадки;
- современные технологии диагностики состояния и восстановления энергооборудования;

- подготовка сметной документации и анализ затрат на ремонт и модернизацию энергооборудования с применением компьютерных технологий;
- обмен опытом на предприятиях ОАО «Мосэнерго».

Семинары «ПЭИПК»

г. Санкт-Петербург, ул. Авиационная, д. 23
(812) 364-00-52, 371-83-50, www.peipk.spb.ru

ИНЖЕНЕРНЫМ СЛУЖБАМ

Электромагнитная совместимость объектов электроэнергетики

12-17 сентября 2011 г.

- нормативные документы по электромагнитной совместимости;
- грозовые перенапряжения и методы защиты от них;
- наведенные (индуцированные) перенапряжения и защита от электромагнитного импульса молнии;
- технические средства обеспечения электромагнитной совместимости и ограничения перенапряжений: резистивное заземление нейтрали, применение ОПН, длинноискровых разрядников и т.д.;
- расчет и выбор аппаратных средств защиты от перенапряжений;
- тросовая защита ЛЭП, выбор и эксплуатация систем заземления;
- экологические аспекты проблемы ЭМС.

СПЕЦИАЛИСТАМ СЛУЖБ РЗА

Современные средства определения мест повреждения персоналом электрических станций и сетей

12-24 сентября 2011 г.

- режимы заземления нейтрали в электрических сетях разных классов напряжения;
- сигнализация замыканий на землю в сетях 6–35 кВ, работающих с изолированной, резонансно компенсированной или резистивно заземленной нейтралью (цифровые реле и терминалы SPAC 801-013, SPAC 810, REU-500, SEPAM, Сириус, ТЭМП, БМРЗ, направленные защиты ЗЗН, переносные приборы «КВАНТ» и др.);
- защиты от замыканий на землю в сетях 110 кВ и выше, работающих с глухозаземленной нейтралью;
- регистраторы электрических процессов «ПАРМА», информационная

система «НЕВА», микропроцессорные индикаторы расстояний типа МИРЗ, ИМФ-ЗС и др. новейшая аппаратура;

- программные средства для определения мест повреждений в электрических сетях;
- программное обеспечение «Старт» для управления цифровыми терминалами «Сириус»;
- ОМП в воздушных сетях 6–35 кВ.

Семинары «ЦПК Мосэнерго»

г. Москва, ул. Кировоградская, д. 11, стр. 1
(495) 315-42-29, www.cpk-mosenergo.ru

СПЕЦИАЛИСТАМ НЕЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

Основы энергетики. Введение в специальность

сентябрь 2011 г.

- В рамках обучения слушатели получают знания об основных понятиях и определениях управляемой энергетической системы и ее элементов; об организации и механизмах работы электростанций, электрических сетей, потребителей электроэнергии, современных подходах к управлению надежностью оборудования энергетических объектов, балансе мощности, графиках нагрузки, качестве электроэнергии, принципах диспетчерского управления; основных проблемах электроэнергетики в условиях реформирования в свете действующего ФЗ «Об электроэнергетике».

СПЕЦИАЛИСТАМ ПО ЗАКУПОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Организация закупочной деятельности в энергетических компаниях на основе регламентированных закупок. Последние поправки в законодательстве.

сентябрь 2011 г.

- Программа семинара-практикума предусматривает изучение порядка проведения процедур закупок, системы прав и обязанностей сторон участников процедур, перечня оформляемых документов, порядка осуществления документооборота, рассмотрение порядка и практики судебного и внесудебного обжалования действий заказчиков.

15—18 ноября
2011 года
г. Красноярск



сибирь
международный
выставочно-деловой центр
имени Карена Мурадяна

XVIII специализированная выставка

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

энергетика **автоматизация** **светотехника**

Электротехника

Автоматизация

Электроника

Робототехника

Приборостроение

Энергетика

Теплоэнергетика

Энерго-
и ресурсосбережение

Светотехника

Официальная поддержка



Генеральный информационный партнер



Официальный информационный партнер



Специальный информационный партнер



Информационная поддержка



XI Всероссийская
научно-практическая конференция
**«Энергоэффективность
систем жизнеобеспечения
города»**

МВДЦ «Сибирь», ул. Авиаторов, 19,
тел.: (391) 22-88-401, 22-88-612,
22-88-611 (круглосуточно),
эл. почта: iva@krasfair.ru, vital@krasfair.ru,
kashirina@krasfair.ru,
сайт: www.krasfair.ru

СЧЕТ № 181

Поставщик, учредитель, издатель:

Закрытое акционерное общество «Издательский дом «Вся электротехника»

Адрес: 125252, Москва, Новопесчаная, д. 17/7, кор. 23, тел.: (495) 228-60-05**ИНН/КПП** 7743626979/774301001**Плательщик:****ИНН/КПП:**

№	Наименование товара	Единица измерения	Количество номеров	Цена за единицу без НДС	Сумма
1	Журнал «Энергоэксперт» – подписка на № 1, 2, 3, 4, 5, 6 /2011/	шт.	6	466,10	2796,61
Итого:					2796,61
Итого НДС:					503,39
Всего к оплате:					3300,00

Всего наименований 1, на сумму 3300.00

Три тысячи триста рублей 00 копеек

Оригиналы накладных и счетов-фактур высылаются.

Дополнительная информация – на сайте www.energyexpert.ru

Внимание! Обязательно укажите в графе «Назначение платежа» платежного поручения: № данного счета, юридический адрес, почтовый индекс и полный почтовый адрес плательщика (подписчика), ФИО получателя журнала для доставки, контактный телефон.

Руководитель предприятия (Посошков В.И.)

Главный бухгалтер (Миронова Е.А.)

**Образец заполнения платежного поручения**

ИНН 7743626979	КПП 774301001		
Получатель ЗАО «Издательский дом «Вся электротехника» Тверское ОСБ №7982 г. Москва		Сч. №	40702810338040115349
Банк получателя Сбербанк России ОАО г. Москва		БИК	044525225
		Сч. №	30101810400000000225





НАМ ДОВЕРЯЮТ ЭНЕРГЕТИКУ

РОССИЯ, 620144, ЕКАТЕРИНБУРГ,
УЛ. ХОХРЯКОВА, 98,
ТЕЛ: +7 (343) 216-35-84,
E-MAIL: GIG@GIG-GROUP.COM

WWW.ENERGYGLASS.COM.UA
WWW.GIG-GROUP.COM
WWW.AIZ.RU



GLOBAL INSULATOR GROUP

