ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭНЕРГОБЕЗОПАСНОСТЬ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

АВТОРЫ:

КОВАЛЕВ В. Д.,
Д. Т. Н.
ОАО «ЭЛЕКТРОЗАВОД»

МАКАРЕВИЧ Л. В.
ОАО «ЭЛЕКТРОЗАВОД»

Энергетическая безопасность страны определяется степенью энергосбережения при производстве и передаче электрической энергии и состоянием электротехнического оборудования. Насущной проблемой является разработка новейших высокотехнологичных устройств и комплексов. Внедрение их в практику требует проведения всесторонних типовых высоковольтных и коммутационных испытаний. Это говорит о том, что в России давно назрела необходимость создания современного комплексного высоковольтного испытательного центра мощного электротехнического оборудования.

Энергосбережение является одной из ключевых задач энергетической безопасности страны. Решение связанных с этим проблем энергосбережения и энергобезопасности в электроэнергетике заключается в:

1. обеспечении энергобезопасности и энергосбережения при создании новых электроэнергетических систем на основе применения новейших технологий и оборудования при генерировании, передаче, распределении и потреблении электрической энергии (долгосрочный проект);

ПС 750 кВ
«Грибово»
(Московская область)

2. повышении энергосбережения и энергобезопасности в существующей электроэнергетической системе (проект сегодняшнего дня).

Как известно, тепло в настоящее время производится как на основе невозобновляемых энергоресурсов (углеводородное топливо), так и с помощью электрической энергии. Для получения последней используются как углеводородное топливо, так и возобновляемые энергоресурсы. Более 60% генерирующих мощностей в России обеспечивается источниками, использующими углеводородное топливо.

Запасы невозобновляемых энергоресурсов в мире ограничены (по оценкам специалистов – от 50 до 200 лет). Поэтому, учитывая вопросы обеспечения энергосбережения и энергетической безопасности страны, можно утверждать, что приоритетными направлениями для России должно стать развитие атомной энергетики, возобновляемых источников энергии: гидроэлектростанций (ГЭС), приливных электростанций (ПЭС), малых ГЭС, ветроэнергетических установок, а также парогазовых (ПГУ) и газотурбинных установок (ГТУ). При этом следует иметь в виду, что комплексная выработка тепловой и электрической энергии энергетическими установками, использующими ПГУ и ГТУ, позволяет увеличить их КПД более чем на 80%.

ГТУ (при сравнении их с ПГУ) имеют то преимущество, что их можно пристроить к уже существующим котельным, тогда как для ПГУ требуются новые площадки.

Программа развития атомной энергетики России предусматривает увеличение установленной мощности АЭС к 2020 году до 41 ГВт (т. е. практически удвоение существующих мощностей), из которых 21,6 ГВт – это вновь вводимые мощности. Причем программа подразумевает задействование всех максимальных возможностей энергомашиностроительного комплекса России.

Общая выработка электроэнергии сегодня в РФ составляет 900 млрд кВт·ч в год, из которых 21% приходится на гидроэлектростанции. В то же время экономически обоснованный ресурс гидроэнергетики России оценивается в 675 млрд кВт·ч в год (т. е. 75% от общей выработки электроэнергии сегодня). Заметим, что в Норвегии, например, доля гидроэнергетики составляет 44,7% от общей выработки электрической энергии. Очевидно, что потенциал гидроэнергетики в России явно недооценен.

ГЭС, основная мощность которых сосредоточена в Сибири и на Дальнем Востоке, удалены от центров потребления нагрузок. Для доставки мощности потребителям требуется сооружение современных экономичных протяженных линий электропередачи.

Существенная экономия электроэнергии при этом может быть получена путем снижения потерь при передаче электроэнергии за счет оптимизации режима работы

ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Возможное снижение потерь электрической энергии	Экономия мощности при снижении потерь, ГВт	Процент экономии от установленной мощности 200 ГВт, %	Экономия энергии за счет снижения потерь, млрд кВт·ч в год	Экономия за счет снижения потерь, млрд руб. в год
- при применении частотно-регулируемых приводов	20	10	100	300
- в электрических сетях	10	5	50	150
- в осветительных сетях	10	5	50	150
- в силовых и распределительных трансформаторах	2,6	1,3	13	39
суммарное снижение потерь	**42,6**	**21,3**	**213**	**639**

Таблица 1

СТРУКТУРА ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РОССИИ

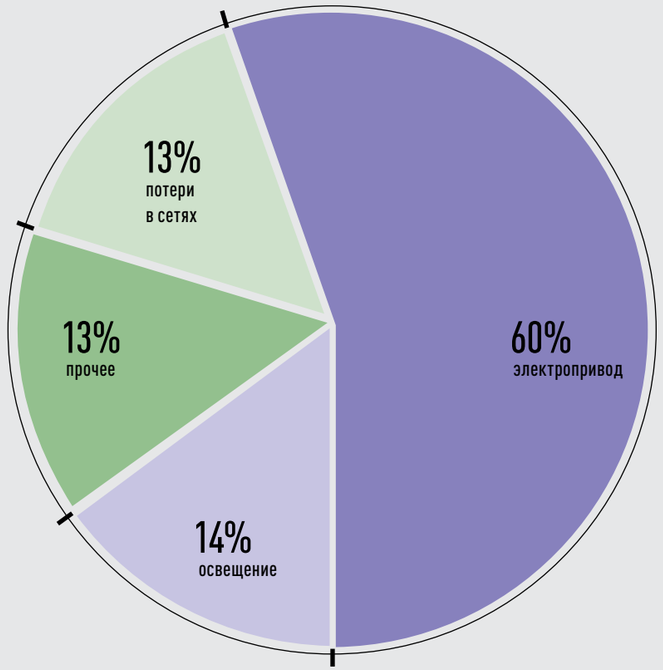

Рис. 1

Необходимо отметить, что энергоемкость ВВП в России в 3 раза выше, чем в странах Западной Европы, и в 1,8 раза выше, чем в США. Очевидно, что давно назрела необходимость в замене устаревших технологий и изношенного технологического оборудования промышленных предприятий, что, конечно, требует длительного времени и серьезных инвестиций. Тем не менее для реализации вышеуказанных проектов по обеспечению энергобезопасности и энергосбережения такую работу необходимо начинать.

Однако и в существующей энергосистеме значительная экономия электроэнергии может быть получена и более. Сегодня в индустриально развитых странах соотношение нерегулируемых и регулируемых электроприводов составляет 1:1. В России же регулируемый электропривод составляет не более 2,5% от всего рынка приводов.

Средние потери в электрических сетях России – 13%, в то время как за рубежом они не превышают 8%. В распределительных же сетях мегаполисов России потери доходят до 18% и более из-за перегрузки линий электропередачи и перетоков реактивных мощностей.

Экономическая плотность тока, принятая в России, для медных неизолированных проводов и шин при использовании максимума нагрузки более 5000 часов составляет 1,8 А/мм^2, для алюминиевых проводов – 1,0 А/мм^2. За рубежом приняты меньшие значения экономических плотностей тока, что существенно сказывается на снижении потерь электрической энергии.

Чтобы снизить потери в электрических сетях от перетоков реактивных мощностей, необходима оптимальная установка в электрических сетях и на шинах потребителей соответствующих устройств компенсации реактивной мощности (УШР, СТК, батареи статических конденсаторов (БСК), СТАТКОМы).

НЕОБХОДИМЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

1. Снижение потерь при преобразовании электрической энергии за счет широкого применения частотно-регулируемых приводов на промышленных и электроэнергетических предприятиях, ЖКХ, предприятиях газпрома и нефтедобычи. Разработки преобразовательного оборудования на отечественных предприятиях имеются. но нет спроса из-за отсутствия соответствующей законодательной базы.
2. Снижение потерь электрической энергии в сетях за счет обеспечения (при проектировании) эффективного значения экономической плотности тока и оптимальной установки в электрических сетях и у потребителей устройств компенсации реактивной мощности. Внедрение указанных технологий сдерживается отсутствием в России до настоящего времени законодательной базы, определяющей оплату потребителей за реактивную мощность.
3. Создание и применение энергосберегающих осветительных ламп.
4. Создание и применение энергоэффективного электротехнического оборудования.

ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Допустим, что экономия электроэнергии от применения 50% (от общего количества приводов) регулируемых электроприводов составляет 33%. Далее учитываем, что 60% электрической энергии (от общей выработки мощности ~ 200 ГВт) потребляется в преобразованном виде, и тогда получим снижение потерь электрической мощности от применения таких частотно-регулируемых электроприводов на уровне 20 ГВт. Принимая стоимость потерь электрической энергии 3 руб./кВт·ч и 5000 часов использования нагрузки в год, получим снижение потерь электрической энергии 100 млрд кВт·ч в год и экономию от снижения потерь электрической энергии, равную 300 млрд руб. в год.

Принимая удельную стоимость частотно-регулируемого преобразователя 250 долл./кВт, получим общую стоимость преобразователей на мощность 60 ГВт, равную 450 млрд руб. Таким образом, окупаемость частотно-регулируемых приводов составляет 1,5 года.

Экспертные оценки показывают, что потери в электрических сетях России за счет уменьшения экономической плотности тока, оптимального применения устройств компенсации реактивной мощности и устройств, обеспечивающих управляемость передач переменного тока, могут быть снижены на 5%, что обеспечит экономию мощности до 10 ГВт и, соответственно, экономию – от снижения потерь электрической энергии до 150 млрд руб. в год.

ЗАВИСИМОСТЬ ПОТРЕБЛЯЕМОЙ МОЩНОСТИ НАСОСОВ ОТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ РАБОТЫ (РАСХОДА)

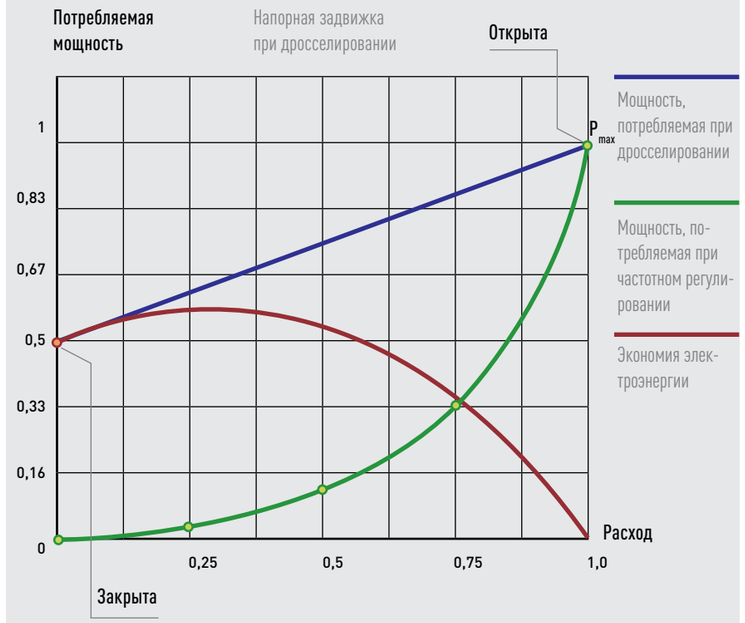

Рис. 2

На освещение приходится 14% потребления электрической энергии, принимая снижение потребления электроэнергии на 5% (экспертные оценки специалистов светотехников), получим экономию электрической мощности на 10 ГВт.

В части энергоэффективного электротехнического оборудования приведем данные для силовых и распределительных трансформаторов.

Коэффициент полезного действия (КПД) силовых трансформаторов в зависимости от мощности находится в диапазоне 99,4–99,8%. Снижение суммарных потерь холостого

Рис.3. Автотрансформатор сверхвысокого класса напряжения 750 кВ мощностью 417 МВА

хода и короткого замыкания на 20% даст экономию электрической энергии практически не более 0,1%.

Для объема генерирующих мощностей в России ~ 200 ГВт и при допущении, что вся электрическая энергия трижды проходит через трансформаторы (повышающие, промежуточные и понижающие до среднего класса напряжения), получим снижение потерь электрической мощности не более 0,6 ГВт.

КПД распределительных трансформаторов существенно ниже, чем силовых, 98,1–98,9%. КПД распределительных трансформаторов с применением сердечников из аморфной стали составляет в зависимости от нагрузки 99,1–99,5%. Применение трансформаторов с магнитопроводами из аморфной стали обеспечивает повышение КПД практически на 1%, что может дать экономию электрической мощности (если все распределительные трансформаторы заменить на аморфные) не менее 2 ГВт.

Суммарное снижение потерь электрической энергии в трансформаторном оборудовании составит 13 млрд кВт·ч в год, и соответственно, экономия 39 млрд руб. в год.

Создание электротехнического оборудования с использованием технологий «теплой» сверхпроводимости может обеспечить в перспективе не только существенное энергосбережение, но и переход от технологии сверхвысоких напряжений к технологии сверхбольших токов при передаче и распределении электрической энергии. Соответствующие проблемы изложены в [1].

Итоговые данные по энергосбережению представлены в таблице 1.

Обеспечение надежности и гарантированного электроснабжения потребителей немыслимо сегодня без создания интеллектуальной Единой электроэнергетической системы (ИЕЭС) России.

НЕОБХОДИМЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

Создание и развитие ЕЭС России всегда сопровождалось применением систем автоматизации и защиты. Без систем автоматизации невозможна синхронная и надежная работа ЕЭС. Системы диспетчерского управления, автоматические

системы управления нормальными и аварийными режимами, устройства защиты и противоаварийной автоматики, АСУ ТП подстанций и электростанций, АСКУЭ и системы диагностики электротехнического оборудования сегодня широко применяются в электроэнергетических системах.

Однако развитие информационных технологий и разработки новых видов электротехнического оборудования, способных обеспечить более глубокую управляемость электроэнергетических систем и сетей, позволяет сегодня вплотную перейти к созданию отдельных интеллектуальных электроэнергетических систем (ИЭЭС) и затем к созданию ИЕЭС.

Технологии Smart Grid широко предлагаются сегодня различными зарубежными фирмами для создания интеллектуальной электрической сети.

Разработаны программные, аппаратные и коммуникационные средства, позволяющие обеспечить сбор информации от объектов, распределенных по электрической сети, доставить информацию диспетчерскому и оперативному персоналу, сформировать и выдать управляющие воздействия на объекты электрических сетей как через команды диспетчера, так и в автоматическом режиме.

Повышение надежности работы высоковольтного электротехнического оборудования в эксплуатации должно обеспечиваться за счет широкого применения систем мониторинга и диагностики. Применение таких систем при выполнении соответствующих мероприятий по результатам диагностики позволяет продлить срок службы электротехнического оборудования до 45 лет и более.

На высоковольтных подстанциях, снабженных элегазовыми комплектными распределительными устройствами и имеющих кабельные связи с изоляцией из сшитого полиэтилена, наблюдаются высокочастотные перенапряжения с частотами до 10 МГц и более на электротехническое оборудование, возникающие при коммутациях элегазовых выключателей и разъединителей со срезами токов. Имеющиеся системы регистрации перенапряжений не обеспечивают достоверную регистрацию воздействий в частотном диапазоне 1–10 МГц и более.

Требуется совершенствование систем мониторинга электротехнического оборудования с возможностью регистрации высокочастотных воздействий, а также систем диагностики и мероприятий, рекомендуемых для выполнения по результатам диагностики. Необходима разработка методологии и алгоритмов оценки остаточного ресурса высоковольтного электротехнического оборудования.

При эксплуатации энергосистем диспетчерским службам необходима информация о текущем состоянии трансформаторов и возможных перегрузках в аварийных ситуациях в энергосистеме. Эта информация может быть получена на основе анализа состояния изоляции, внешних аварийных воздействий на трансформаторное оборудование и режимов его работы во время эксплуатации. Кроме того, необходимо обеспечить оптимальное управление системой охлаждения трансформаторов и устройствами РПН. Применение вентиляторов с частотно-регулируемыми приводами позволяет обеспечить минимизацию потерь электрической энергии при охлаждении трансформаторов.

ЗАВИСИМОСТИ КПД РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ОТ НАГРУЗКИ

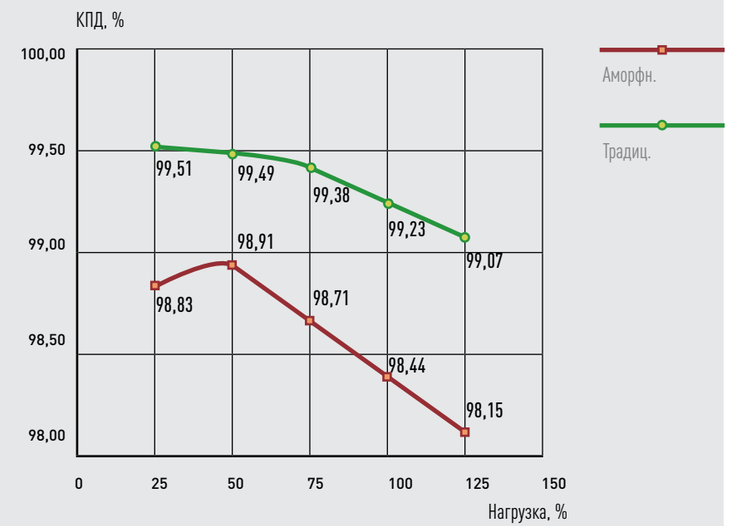

Рис. 4

Рис. 5. Управляемый шунтирующий реактор мощностью 180 МВА, 500 кВ

Необходимо создание интеллектуального трансформатора, снабженного соответствующими датчиками, микропроцессорными системами мониторинга, диагностики, регистрации внешних воздействий, оптимального управления устройствами РПН и системами охлаждения, а также возможностью определения текущей перегрузочной способности трансформаторов.

РАЗРАБОТКИ ОАО «ЭЛЕКТРОЗАВОД», НАПРАВЛЕННЫЕ НА ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

За последние 10 лет специалистами ОАО «ЭЛЕКТРОЗАВОД» разработаны и освоены в производстве более 300 видов нового электротехнического оборудования:

- силовые трансформаторы на напряжения 110–750 кВ мощностью до 630 МВА для работы в блоке с генераторами электростанций, в том числе АЭС;
- шунтирующие реакторы на напряжения 220–1150 кВ в однофазном и трехфазном исполнениях;
- автотрансформаторы на напряжения 220, 330, 500, 750 кВ для магистральных линий электропередачи;
- комплектные распределительные устройства и трансформаторные подстанции на напряжения 6–20 кВ.

Для Курской АЭС разработан блочный трансформатор типа ТЦ – 630000/330 мощностью 630 МВА на напряжение 330 кВ. Блочный трансформатор на напряжение 750 кВ и мощностью 417 МВА разработан и изготовлен для Калининской АЭС. Первый в России автотрансформатор сверхвысокого класса напряжения 750 кВ мощностью 417 МВА разработан специально для объектов ОАО «ФСК ЕЭС» (рис. 3).

Повышение надежности работы высоковольтного электротехнического оборудования обеспечивается за счет:

- совершенствования системы конструирования высоковольтного электротехнического оборудования;
- применения современных материалов и комплектующих изделий;
- применения новых технологий и технологического оборудования;
- проведения всесторонних испытаний и повышения заводской готовности комплексов электротехнического оборудования.

Рис. 6. Компоновка КРУЭ 110 кВ

Для производства трансформаторов используется новейшее технологическое оборудование ведущих мировых фирм [2].

Для проектирования трансформаторного и реакторного оборудования используются современные системы САПР и специальное программное обеспечение разработки ОАО «ВИТ», входящего в состав компании.

При конструировании трансформаторов особое внимание уделяется снижению потерь в трансформаторах. Снижение потерь холостого хода достигается применением высших марок электротехнических сталей (с удельными потерями менее 1,15 Вт/кг и магнитной индукцией более 1,74 Тесла), специальных схем шихтовки магнитопроводов (с полным косым стыком или шихтовкой стэп-лэп) и совершенствованием изоляции в обмотках трансформаторов. В качестве основного изоляционного материала используется электрокартон фирмы Weidmann, древеснослоистый пластик компании Rochling, качественная крепированная бумага импортного производства.

Широкое применение в обмотках транспонированных проводов с большим количеством элементарных проводников, новых слабомагнитных материалов, а также снижение добавочных потерь в элементах металлоконструкций за счет оптимизации конструкции шунтирования потоков рассеяния, полученных с использованием новых методов и программ расчета, позволяют добиться существенного снижения потерь короткого замыкания в трансформаторах.

Применение транспонированного провода со склейкой элементарных проводников позволяет также существенно повысить электродинамическую стойкость обмоток трансформаторов при коротких замыканиях.

Указанные выше мероприятия позволили до 40% снизить потери холостого хода трансформаторов по сравнению с требованиями ГОСТ. В автотрансформаторе АТДЦТН-200000/330/110, например, потери холостого хода снижены на 32,2%, потери короткого замыкания – на 24%.

Для снижения потерь в распределительных трансформаторах осуществляется разработка трансформаторов с магнитопроводами из аморфной стали, что позволит в 3–4 раза снизить потери холостого хода трансформаторов. Зависимости КПД трансформаторов с магнитопроводами из аморфной стали и традиционных трансформаторов от нагрузки представлены на рис. 4.

В состав аморфной ленты входит железо, бор – 3%, кремний – 3–9%. Аморфные наносплавы образуются путем добавления тугоплавких металлов: ниобий, медь, молибден – 3–5%. Заготовки расплавляются в индукционной печи при температуре 2500 °С. Расплавленный состав через сопло с заданной шириной выливается на вращающееся колесо. Аморфное состояние металла формируется при очень большой скорости охлаждения расплава (1 млн градусов в секунду). При этом в металле не успевает выстроиться кристаллическая структура. Такую скорость охлаждения можно обеспечить при очень малой толщине ленты (15–50 мкм).

Практически все электромагнитные, механические и потребительские свойства аморфной стали превосходят аналогичные для традиционной

ИНФОРМАЦИЯ

СТАТИСТИКА

Средние потери в электрических сетях России – 13%, в то время как за рубежом они не превышают 8%. В распределительных же сетях мегаполисов России потери доходят до 18% и более из-за перегрузки линий электропередачи и перетоков реактивных мощностей.

анизотропной электротехнической стали, применяемой в современных трансформаторах, за исключением индукции (1,3 Тесла) и коэффициента заполнения. Удельные магнитные потери на перемагничивание магнитопроводов из аморфной стали составляют 0,2–0,25 Вт/кг против 1,15 Вт/кг для электротехнической стали Новолипецкого металлургического комбината.

Стоимость распределительных трансформаторов с магнитопроводами из аморфной стали на 20–30% выше стоимости трансформаторов с традиционной электротехнической сталью. При стоимости потерь электрической энергии 3 руб./кВт·ч увеличение затрат на 30% для трансформатора мощностью 400 кВА окупается за 4 года, а полная стоимость трансформатора за счет снижения потерь электрической энергии окупится не более чем за 16 лет.

Для снижения потерь в электрических сетях и стабилизации напряжения на линиях электропередачи разработан для подстанции 500 кВ «Нелым» (МЭС Западной Сибири) управляемый шунтирующий реактор мощностью 180 МВА (рис. 5). УШР обеспечивает:

- стабилизацию напряжения на шинах подстанции;
- управление реактивной мощностью в точке подключения за счет плавного регулирования своего индуктивного сопротивления;
- снижение кратковременных перенапряжений;
- ограничение кратковременного повышения напряжения в режиме включения холостой линии;
- гашение дуги при однофазном коротком замыкании на линии в течение паузы ОАПВ.

Разрабатывается принципиально новое устройство (ТРАНСРЕАКТОР), совмещающее функции автотрансформатора и шинного управляемого шунтирующего реактора, что позволяет наряду со снижением потерь электрической энергии существенно снизить стоимость оборудования и затраты на сооружение подстанций.

В области создания оборудования мощной преобразовательной техники проводятся разработки следующих видов оборудования:

- преобразовательные трансформаторы;
- сглаживающие реакторы;
- реакторы силовых фильтров высших гармоник;
- реакторы для статических компенсаторов реактивной мощности;
- мощные высоковольтные преобразователи частоты для синхронного и асинхронного электропривода;
- высоковольтные тиристорные вентили для СТК, УШР, передач и вставок постоянного тока.

С целью обеспечения энергетической безопасности компания предлагает силовые элегазовые трансформаторы, которые пожаро- и взрывобезопасны, занимают меньшие площади на подстанции за счет непосредственного присоединения к распределительному устройству с элегазовой изоляцией. Применение таких трансформаторов актуально в закрытых помещениях мегаполисов.

Сегодня в России практически 90% элегазовых выключателей и КРУЭ для ЛЭП напряжением 10–750 кВ закупается у иностранных фирм. Специалисты ОАО «ЭЛЕКТРОЗАВОД» осуществляют разработки следующей элегазовой аппаратуры на напряжения 110–500 кВ:

- КРУЭ;
- элегазовые баковые и колонковые выключатели;
- элегазовые компакты (типа DTC, Pass);
- элегазовые измерительные трансформаторы тока и напряжения;
- токопроводы с газовой изоляцией (элегаз, смесь элегаза с инертным газом);
- комплектные распределительные устройства и токопроводы с изоляцией сжатым воздухом.

В настоящее время завершается разработка КРУЭ 110 кВ (рис. 6), включающая в себя следующие аппараты:

- выключатель с дугогасительным устройством автогенерирующего типа;
- шинный трехпозиционный разъединитель – заземлитель, совмещенный с участком сборных шин;
- линейный трехпозиционный разъединитель – заземлитель;

Рис. 7. Поставленные и смонтированные на подстанции 750 кВ Грибово автотрансформаторы АОДЦТ-417000/750/500 – пока единственные и уникальные в своем роде российские агрегаты на сверхвысокий класс напряжения.

- трансформатор тока;
- трансформатор напряжения;
- быстродействующий заземлитель;
- блок вводов «воздух-элегаз»;
- блок кабельных вводов;
- соединительные элементы для формирования ячейки;
- шкаф управления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработка и внедрение современного высокотехнологичного электротехнического оборудования требует проведения целого ряда всесторонних типовых испытаний, в частности, необходимо проводить высоковольтные и коммутационные испытания, тестирование динамической стойкости по отношению к токам короткого замыкания, механические и климатические испытания, а также испытания на тепловой нагрев и электромагнитную совместимость. К сожалению, имеющиеся возможности отечественных испытательных центров ограничены.

Высоковольтные испытания сегодня можно проводить в высоковольтном испытательном центре ОАО «ВИТ», где имеется возможность проведения тестирования изоляции грозовыми и коммутационными импульсами до 7000 кВ.

Для проведения коммутационных испытаний в России практически имеется единственный испытательный центр в ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС». Однако возможности его ограничены испытаниями оборудования на напряжения до 220 кВ. Ограничены возможности также и по механическим и климатическим испытаниям и испытаниям на электромагнитную совместимость.

Сегодня назрела необходимость создания современного комплексного высоковольтного испытательного центра мощного электротехнического оборудования на территории России или одной из стран СНГ.

Принятие в России закона о техническом регулировании и придание национальным стандартам статуса добровольных резко затормозили процесс их развития. Для повышения конкурентоспособности отечественного электротехнического оборудования и формирования единых требований к закупаемому отечественному и импортному оборудованию необходима организация широкомасштабной работы по пересмотру и модернизации национальных стандартов в области высоковольтного электротехнического оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковалев В. Д., Макаревич Л. В. Перспективные направления разработок высоковольтного электротехнического оборудования и комплексов для электроэнергетики // Электротехника, 2010, № 1. – с. 17–24.
2. Макаревич Л. В., Ковалев В. Д. Оценка возможностей предприятий электротехнической промышленности России по обеспечению инвестиционных программ модернизации и развития отечественной электроэнергетики // ЭЛЕКТРО. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность, 2008, № 5. – с. 2–9.