# СИГРЭ. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ КОМИТЕТ А3 «ВЫСОКОВОЛЬТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ» (ПО МАТЕРИАЛАМ ГОДОВОГО ОТЧЕТА)

ОТ РЕДАКЦИИ

**Исследовательский Комитет А3 «Высоковольтное оборудование» занимается изучением опыта эксплуатации, обобщением исследований и техническим анализом работы высоковольтного оборудования, устанавливаемого на подстанциях переменного и постоянного напряжения. Тематика его деятельности в последние годы в основном направлена на анализ новых применяемых технологий, методов диагностики состояния и изучения процессов старения оборудования при эксплуатации.**

Высоковольтная подстанция

Рис. 1
Измерительный трансформатор тока

В настоящее время электроэнергетические системы во всем мире подвержены большим изменениям, вызванными различными техническими новациями, например, потребностью в сооружении длинных линий, передаче больших мощностей на постоянном и переменном напряжении, подключении источников возобновляемой энергии, развитием распределительных сетей, ростом объема обмена информацией, массовой установкой накопителей энергии и др.

Требования к оборудованию также меняются в соответствии с условиями в разных странах. В системах, где находится большое количество старого оборудования, очень важны исследования в области контроля и управления сроком его жизни.

Исследовательский комитет (ИК) А3 традиционно занимается вопросами изучения опыта эксплуатации, обобщением исследований и техническим анализом работы высоковольтного оборудования (ВО), устанавливаемого на подстанциях переменного и постоянного напряжения. Тематическая область его деятельности в основном группируется по четырем направлениям, а именно:

1. новые технологии (в том числе выключатели постоянного тока);
2. управляемость высоковольтного оборудования (управление моментом переключения);
3. диагностика и мониторинг состояния оборудования;
4. оценка надежности, включая срок жизни стареющего оборудования в нормальных и экстремальных условиях.

Членами ИК А3 регулярно готовятся и издаются технические брошюры (ТБ), в частности, выпущены: «Металлооксидные разрядники — методы испытаний» (ТВ544), «Коммутация оборудования высокого и сверхвысокого напряжения» (ТВ570), «Вакуумные выключатели» (ТВ579), «Устройства имитации влияния внутренней дуги на выключатели среднего и высокого напряжения» (ТВ602) и др.

Основная деятельность ИК А3 осуществляется в рабочих группах (РГ), которые создаются для решения наиболее важных и актуальных проблем развития и повышения надежности высоковольтного оборудования. В настоящее время число рабочих групп достигло 14, среди них: РГ А3.24 — моделирование внутренней дуги; РГ А3.25 — металлооксидные разрядники (МОР); РГ А3.26 — переключение конденсаторных батарей; РГ А3.27 — вакуумные выключатели; РГ А3.28 — переключения на высоком и сверхвысоком напряжении; РГ А3.29 — старение высоковольтного оборудования; РГ А3.30 — перенапряжение ВО; РГ А3.31 — нетрадиционные измерительные трансформаторы; РГ А3.33 — оборудование с параллельной и последовательной компенсацией; РГ А3/ В4.34 — переключения на постоянном токе; РГ А3.35 — управляемые переключения и др.

## НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ IT

Рабочей группой А3.24 произведен сравнительный анализ испытательного оборудования и даны рекомендации по использованию, а также разработке новых конструкций.

Рабочая группа фокусировала свое внимание на результатах испытаний оборудования с изоляцией элегазом (шестифтористой серой, $SF_6$) при наличии внутренней дуги, а также на изучении возможности ограничения типов испытательных установок. В итоге были выявлены критические параметры роста давления. Силами РГ ведется подготовка Рекомендаций по расчету механических воздействий на конструкции ограждений и вводов. Подготовлены Рекомендации по сокращению числа испытаний и использованию результатов испытаний конструктивно подобных выключателей (ТВ 602). Создана новая РГ A3.36 для исследования динамики изменения температуры (схемы и испытательные установки).

Рабочей группой 13/A3.07 подготовлены Рекомендации по управлению переключениями линий, реакторов, конденсаторов и трансформаторов, оценены технические и экономические преимущества, проанализирован огромный опыт эксплуатации. Для дальнейших исследований этой проблемы создана новая РГ A3.35.

В связи с развитием сетей высокого напряжения на постоянном токе ИК A3 создал совместно с другими ИК РГ A3/B4.34 по выключателям для будущих воздушных линий постоянного тока (ВЛ ПТ), планируется пересмотр технических требований для разработки нового оборудования. В основном внимание РГ будет направлено на создание надежных выключателей для ВЛ ПТ.

## ТРЕБОВАНИЯ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ СЕТЕЙ

Рабочая группа A3.25 проводит исследования по подготовке требований к металлооксидным разрядникам при меняющихся системных условиях. Обобщены преимущества насыщения линий устройствами МОР, приводятся примеры их применения на воздушных линиях сверхвысокого напряжения (ВЛ СВН). Рекомендации по применению МОР, выбору уровней защиты и оценке защищаемых расстояний изложены в Технической брошюре, выпущенной ИК в 2015 г.

Рабочая группа A3.26 занимается исследованием проблем отключения батарей шунтовых конденсаторов при коротких замыканиях и влияния сопутствующих им процессов на оборудование.

Рабочая группа A3.28 концентрирует свои усилия на исследовании процессов, связанных с отключениями оборудования сверх- и ультравысокого напряжения в свете требований стандарта IEC SC 17A. Полученные результаты изложены в технических брошюрах 362, 456 и 570. Изучение поведения подстанционного оборудования в системах высокого напряжения будет теперь осуществляться в РГ A3.33, в которой производится сбор и анализ опыта эксплуатации оборудования при наличии последовательной и параллельной компенсации. Ведется разработка рекомендаций и требований к оборудованию (выключатели, разъединители и др.).

## ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ, КОНТРОЛЬ ЗА СРОКОМ ЖИЗНИ ОБОРУДОВАНИЯ

Важной темой дискуссии ИК A3 на сессии СИГРЭ 2014 г. была проблема определения срока службы стареющего оборудования, предложенная к обсуждению представителями энергетических компаний.

В последние годы ИК A3 постоянно проводит исследования по разработке устройств диагностики состояния оборудования с целью более глубокого изучения процессов старения и подготовки Рекомендаций по ограничению воздействия перенапряжений.

Рабочая группа A3.29 организует исследования по изучению процессов старения подстанционного оборудования с целью выявления факторов, влияющих на этот процесс, определения его механизмов и разработку технологий их замедления. Старение связывается с изменением поведения оборудования при разного рода воздействиях в диапазоне расчетных параметров. Были разработаны модели старения для основного оборудования высокого напряжения. Члены РГ постоянно взаимодействуют с производителями оборудования, участвуют в испытаниях и разрабатывают совместно с ними рекомендации по повышению надежности работы оборудования при эксплуатации.

Рабочая группа A3.30 занимается изучением влияния перенапряжений, воздействующих на оборудование. РГ заканчивает обзор и классификацию основных факторов перенапряжений, связанных с электрическими, управленческими причинами и влиянием окружающей среды. Продолжаются работы по изучению связи между потенциальными перенапряжениями и техникой испытаний. Планируется подготовка Рекомендаций для эксплуатации с изложением упрощенных методов оценки надежности оборудования в условиях перенапряжений.

Рабочая группа A3.32/CIRED анализирует и обобщает современные тенденции методов диагностики оборудования для нужд эксплуатации в высоковольтных и распределительных системах. Выявлен тренд проведения мероприятий



обслуживания оборудования по его состоянию при использовании современных средств диагностики. Готовится выпуск технической брошюры по этим вопросам.

## АЛЬТЕРНАТИВА $SF_6$ (ЭЛЕГАЗ)

Основополагающая статья по применению $SF_6$ в высоковольтных и распределительных сетях была опубликована в 2014 г. (ELECTRA, № 274). Несмотря на то что $SF_6$ обладает прекрасными диэлектрическими свойствами, его утечка оказывает неблагоприятное воздействие на окружающую среду. Уже длительное время делаются попытки замены этого газа на другие с аналогичными свойствами, но пока существенных результатов не достигнуто. Для среднего класса напряжения (до 52 кВ) в качестве альтернативы могут рассматриваться вакуумные выключатели. Разработаны экспериментальные образцы альтернативных решений на напряжение до 170 кВ (вакуумные, $CO_2$), которые пока еще проходят испытания.

## СЕССИЯ СИГРЭ 2014 Г.

На дискуссии ИК A3 обсуждение проблем в основном проходило по трем основным темам:

1. Новое оборудование.
2. Контроль за старением оборудования и его сроком жизни.
3. Влияние экстремальных условий эксплуатации на оборудование.

В обсуждении этих проблем приняло участие более 250 специалистов. Большой интерес при обсуждении был проявлен к проблемам развития подстанционного оборудования на постоянном токе (выключатели, требования к переключениям, практика эксплуатации).

Для выключателей постоянного тока (ПТ) очень важным является быстрота отключения при коротком замыкании (КЗ). К настоящему времени имеются разработки гибридных выключателей ПТ. Сообщено о разработке механического выключателя ПТ с активной резонансной схемой, способного отключать ток в сети ультравысокого напряжения (УВН) в пределах нескольких миллисекунд. Также было подтверждено, что применение реакторов ПТ может значительно увеличить допустимое время отключения при КЗ. Совмещенная РГ A3/B4.34 обобщает в настоящее время требования к таким аппаратам и исследует их возможности при применении различных технологий.

## «ЗЕЛЕНАЯ КНИГА» СИГРЭ

Принято решение выпустить силами СИГРЭ подборку научных и технических книг по всем 16 исследовательским комитетам, предназначенную для инженеров и студентов. В 2014 г. были опубликованы «Зеленые книги» ИК B1 и ИК B2 по кабелям и воздушным линиям электропередачи. ИК A3 планирует издать свою первую «Зеленую книгу» по переключениям в 2018 г., в которой будут рассмотрены процессы, возникающие при переключениях, различные технологии разного оборудования (выключатели постоянного и переменного тока, разъединители и др.), а также сферы их применения.

Рис. 2
Высоковольтное распредустройство 500 кВ с газовой изоляцией