ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ (ПО ИТОГАМ 46-Й СЕССИИ СИГРЭ)

АВТОРЫ:

А. З. СЛАВИНСКИЙ,
Д.Т.Н.,
ООО «МАССА» —
КОМПАНИЯ «ИЗОЛЯТОР»

В.Н. УСТИНОВ,
ООО «МАССА» —
КОМПАНИЯ «ИЗОЛЯТОР»

С 21 по 26 августа 2016 г. в Парижском Дворце конгрессов прошло крупнейшее мировое событие в области электроэнергетики — 46-я сессия и Техническая выставка Международного Совета по большим электроэнергетическим системам CIGRE (Conseil International des Grands Réseaux Electriques). В рамках сессии прошли заседания всех исследовательских комитетов и рабочих групп CIGRE. Мы продолжаем публикацию материалов, освещающих деятельность этой сессии. В предыдущем номере мы рассказали о деятельности Исследовательского комитета A3 «Высоковольтное оборудование». В настоящем номере речь пойдет о работе Исследовательского комитет D1 «Материалы и разработка новых методов испытаний и средств диагностики».

Ключевые слова: Сессия СИГРЭ; Исследовательский комитет D1 СИГРЭ «Материалы и разработка новых методов испытаний и средств диагностики»; компактные изоляционные системы (переменного и постоянного тока); компактные системы с газовой изоляцией (GIS); композитные изоляторы; гирлянды стеклянных тарельчатых изоляторов; новые материалы, нестандартные воздействия и новые методы испытаний; нанокомпозиты; экологически чистые материалы; нестандартные воздействия на материалы.

Открытие 46-й сессии Международного Совета по большим электроэнергетическим системам CIGRE

ВВЕДЕНИЕ

Объем деятельности ИК D1 охватывает новые и существующие материалы, применяемые в электротехнике. ИК D1 занимается исследованиями материалов и методиками диагностики, которые могут оказывать существенное влияние на энергетические системы не только в настоящее время, но и в долгосрочной перспективе.

На 46-й сессии СИГРЭ в рамках комитета D1 было принято 32 доклада по следующим предпочтительным темам (ПТ):

- ПТ1: Компактные изоляционные системы (переменного и постоянного тока).
- ПТ2: Новые материалы.
- ПТ3: Нестандартные воздействия и новые методы испытаний.

КОМПАКТНЫЕ ИЗОЛЯЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Представленные сообщения охватывают многие аспекты применения и измерения различных изоляционных систем, основное внимание которых уделено технологиям HVDC (постоянного тока высокого напряжения).

Ниже приведен краткий обзор статей по этому направлению.

1. ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМПАКТНЫХ СИСТЕМ С ГАЗОВОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ (GIS) ПРИ ПЕРЕМЕННОМ И ПОСТОЯННОМ НАПРЯЖЕНИИ [1, 2]

Созданная экспериментальная схема проверки модели для имитации распределения электрического поля в высоковольтных системах постоянного тока с газовой изоляцией основана на измерении электрических токов в твердой и газообразной изоляции, измерении распределения поверхностного потенциала эпоксидных изоляторов и определении напряжения поверхностного пробоя изоляторов под воздействием постоянного тока высокого напряжения. Временная шкала емкостно-резистивного перехода поверхностного потенциала, прогнозируемая моделью, хорошо согласуется с измеренной временной эволюцией поверхностного потенциала [1].

Важный аспект представляет рассмотрение диэлектрических характеристик твердого материала и SF_6 по отношению к КРУЭ постоянного тока, определение зависимости проводимости твердых материалов от температуры и напряженности электрического поля, измерение явления электропроводности газа. Диэлектрическая прочность изоляционных материалов — основной параметр для проекта моделей поля постоянного тока. Диэлектрическая прочность заполненной окисью алюминия эпоксидной смолы высока и зависит от условий окружающей среды, а также состояния: чистоты или загрязненности (частицы, дефекты и т.д.).

Представленные в статье [2] разные подходы к моделированию поля постоянного тока позволили с помощью расчетов показать, что система 550 кВ переменного тока может работать на уровне 320 кВ постоянного тока. Чтобы оценить влияние условий окружающей среды, испытательная установка устанавливалась на открытом воздухе. Испытания проводились в лаборатории в Китае (КТК). Программа испытаний, включающая длительное испытание на основе ТБ 496 СИГРЭ с небольшими изменениями, была применена к КРУЭ 320 кВ постоянного тока. Различные характеристики систем изоляции КРУЭ и метод оценки выдерживаемого напряжения для изолирующих прокладок — важные факторы в проектировании изоляции и испытаниях на остаточное напряжение постоянного тока.

Обработки поверхности проводников и диэлектрического покрытия проводников оказывает влияние на диэлектрические свойства КРУЭ. Тонкие однослойные покрытия (например, эпоксидные) и многослойные покрытия, состоящие из Al_2O_3 и ПТФЭ, исследованы на предмет снижения высокого электрического поля за счет микромасштабной шероховатости поверхности электрода и максимального электрического поля на границе раздела твердое тело — газ. Отмечено увеличение напряжения пробоя грозового импульса (отрицательной полярности) на 10% при снижении шероховатости поверхности с 10 до 1 пм. Дальнейшие результаты испытаний показывают улучшение характеристик пробоя грозового импульса (>30 %) для покрытых проводников [8].

2. СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ И УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОТИВ СТАРЕНИЯ

Обсуждаемая применимость уменьшенных образцов (отлитых под давлением пластин и моделей кабелей) важна для оценки проводимости изоляционных материалов для кабелей постоянного тока высокого напряжения. Роль аккуратной подготовки объектов контроля и процедуры измерений имеет большое значение для получения достоверных результатов в процессе разработки и контроля качества кабелей. Объекты контроля с литыми полупроводящими электродами часто демонстрируют более высокий, хотя и в том же порядке величины, уровень проводимости, нежели те, которые измеряются в схемах

Рис. 1
Заседание Исследовательского комитета D1 CIGRE

с контактными электродами. Авторы в работе [4] указывают на необходимость разработки стандартного метода испытаний проводимости материалов, зависящей от поля, для изоляции кабелей постоянного тока высокого напряжения, включая также описание процедуры подготовки образцов.

Результаты исследований долговременной стабильности нового незаполненного материала из сшитого полиэтилена доказали возможность применения для изготовления кабелей 525 кВ постоянного тока. Он отличается меньшей плотностью сшивки по сравнению со стандартными нынешними аналогами. Термоокислительные испытания были проведены на гантелеобразных образцах, приготовленных из обоих материалов (вырезанных из пластин, отлитых под давлением), и на сердечниках кабелей при 135°C сроком до 1 года. Исследования показали, что, несмотря на меньшую плотность сшивки, новый материал проявляет удовлетворительную стабильность механических характеристик. Во время старения наблюдалось практически одинаковое изменение проводимости постоянного тока обоими материалами, т.е. оно значительно снизилось на начальном этапе старения и затем стабилизировалось [5].

Поднят вопрос о влиянии комбинированного термоэлектрического старения сшитого полиэтилена (стандартной марки, аттестованной для применения в кабелях до 320 кВ постоянного тока) на его диэлектрические характеристики, такие как тангенс угла потерь, объемная проводимость и накопление пространственного заряда. По словам авторов, независимо от условий старения, проведенные исследования не показали сколь-нибудь значительной эволюции тангенса угла потерь и электрической проводимости рассмотренного материала. В то же время распределение пространственного заряда в исследуемых образцах менялось, тем самым меняя внутреннее распределение электрического поля в образцах. Это изменение поля, представленное как коэффициент усиления поля, предложено считать признаком старения [6].

3. ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМПОЗИТНЫХ ИЗОЛЯТОРОВ ДЛЯ ВНЕШНЕЙ ИЗОЛЯЦИИ ИЗОЛЯТОРОВ

Представленные результаты «испытания материалов» в наклонной плоскости постоянного тока сравниваются с результатами «испытаний изоляторов», включавших в себя испытание колесной нагрузкой, испытание на соль в течение 1000 ч и испытание на переменную нагрузку в течение 5000 ч. Общей чертой всех испытаний было то, что интенсивность разрядов, образующихся на поверхности образцов материалов и изоляторов, была выше, чем во время эквивалентных испытаний переменным током. Большое влияние также имеет полярность испытательного напряжения, противоположная в двух типах испытаний. Авторы предлагают учитывать эти эффекты при оценке различных конструктивов изоляторов и отмечают, что по итогам описанных работ некоторые новые методы были внесены в соответствующий стандарт Китая [9].

Исследования зависимости показателей работы керамических (фарфор и стекло) тарельчатых изоляторов с покрытием RTV (вулканизация при комнатной температуре) от формы конструкции. Оценка изменений гидрофобности их поверхностей, а также эффективности гальванических креплений. Эта тема касается необходимости повышения надежности сети электропередачи 400 кВ в странах Персидского залива путем улучшения характеристик наружной изоляции в весьма жестких условиях среды: пустыня, море, промышленное загрязнение. С этой целью доклад приводит предварительные результаты проверки загрязненности и испытаний изоляторов на избранных линиях, а также на недавно построенной пилотной станции контроля загрязнения Аль-Фадхили. Сейчас изучаются характеристики керамических тарельчатых изоляторов (фарфоровых и стеклянных), покрытых герметиком, вулканизирующимся при комнатной температуре, с разными дизайнами юбок, и проводится оценка изменений гидрофобности поверхности, а также эффективности оцинковки креплений [13].

Анализ показателей стойкости к пробою и эрозии кремниевых материалов и композитных изоляторов для использования в линиях и станциях переменного и постоянного напряжения. Также поднимаются вопросы испытаний на трекинг и эрозию композитных изоляторов для работы с постоянным током, для которых пока что нет стандарта. Предполагается, что модифицированные испытания переменной нагрузкой на 1000 или 5000 ч без прямого орошения и снижение испытательного напряжения до 70% соответствующего действующего напряжения переменного тока могут стать осуществимыми альтернативами [9, 10].

4. АНАЛИЗ УСЛОВИЙ, ПРИ КОТОРЫХ ПТИЦЕЗАЩИТНЫЕ УСТРОЙСТВА МОГУТ ВЫЗЫВАТЬ ПЕРЕКРЫТИЕ ИЗОЛЯЦИИ НА ГИРЛЯНДАХ СТЕКЛЯННЫХ ТАРЕЛЬЧАТЫХ ИЗОЛЯТОРОВ НА ЛЭП ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Отмечено, что в ЮАР перекрытия изоляции из-за птицезащитных устройств являются причиной 38% КЗ на ЛЭП высокого напряжения переменного тока. Однако вероятность таких событий на линиях постоянного тока еще требует подтверждения. Поэтому была создана специальная программа испытаний, включая лабораторное моделирование птицезащитных устройств в ЮАР и в США в промежутках между опорами ЛЭП. По результатам лабораторных испытаний сделан вывод о том, что минимальная длина стримера, вызывающая перекрытие, составляет примерно 2,8 м. Однако важными факторами определения вероятности перекрытия являются также объем и расположение стримера от ряда изоляторов [11].

5. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ ПО ВОПРОСАМ КОМПОЗИТНЫХ ИЗОЛЯТОРОВ В ГИБРИДНЫХ (ПЕРЕМЕННОГО/ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ — AC/DC) ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Важно отметить, что комиссия Германии по технологиям в области электричества, электроники, и информации, созданная Немецким институтом стандартов (DIN) и Немецкой ассоциацией электрических, электрон-

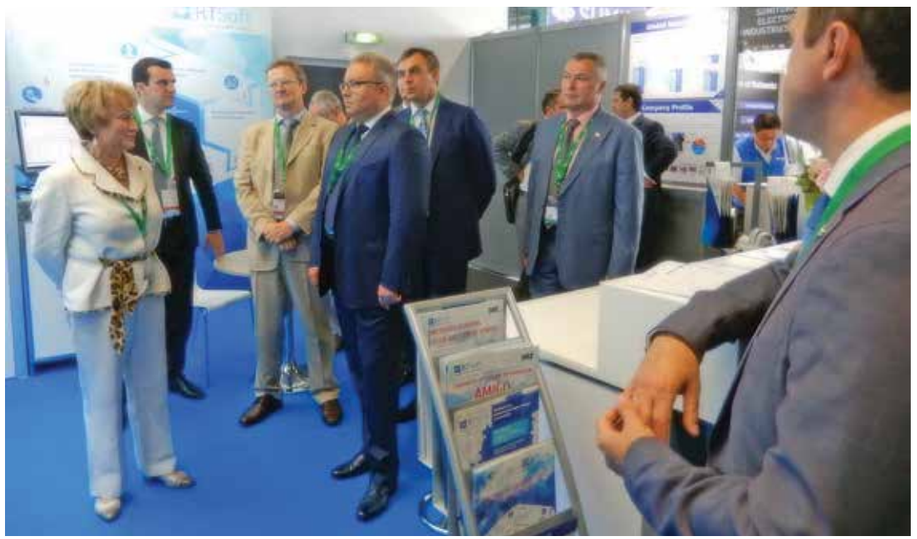

Рис. 2
Обход технической выставки на 46-й Сессии СИГРЭ делегацией Российского Национального Комитета во главе с Председателем РНК СИГРЭ А. Е. Муровым

ных и информационных технологий (VDE) недавно подготовила проект программы определения параметров систем постоянного/переменного напряжения (AC/DC), включая принципы выбора изоляторов для гибридных башенных конструкций, основанные на выводах, представленных в работе [12]. Скоро проект будет опубликован и, похоже, станет первым стандартом этого типа.

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Представленные сообщения охватывают многие аспекты использования в высоковольтном оборудовании новых решений в области материалов.

Группа докладов по этой теме пристально рассматривает состояние и опыт использования обычных и синтетических эфирных растворов в качестве изолирующей среды.

Сравнение электрических, тепловых свойств и сопротивления старения жидкого синтетического эфира, минерального масла и жидкого нефтепродукта представляет собой новую разработку технологии превращения жидкости в газ. Обсуждаются преимущества и недостатки рассмотренных свойств и применимость «новых» жидкостей, указываются возможные области применения эфирных и синтетических углеводородных жидкостей [14].

Отмечено, что, несмотря на весьма долгий и позитивный опыт использования минеральных масел одной итальянской энергетической компанией, новый регламент по охране окружающей среды требует ввести сложные эфиры на растительной основе в системы изоляции больших силовых трансформаторов. В соответствии с этим требованием была начата исследовательская программа, результаты которой показывают, что обычные эфиры могут применяться как альтернативная изолирующая и охлаждающая среда, хотя при этом нужно будет пересмотреть ряд проектных и эксплуатационных условий [15].

Приведены результаты сравнительных исследований изолирующих жидкостей на основе обычных и сложных синтетических эфиров при помощи нового метода испытания на стойкость окислению, которая часто ограничивает их применение в открытых трансформаторах со свободным газообменом. В основе метода лежит использование хроматографического флакона с определенным количеством воздуха и проверяемой жидкости с вставленным кусочком медной пластинки, который выдерживают при повышенной температуре в течение определенного времени. Он комбинирован с методом на основе жидкостной хроматографии высокого давления для определения содержания добавок (ингибиторов и пассиваторов) в проверяемых жидкостях. На основе анализов, проведенных с помощью разных методов, предложены пределы для важных эксплуатационных параметров [21].

Следует отметить важность использования экологичных материалов в области альтернативных изолирующих газов и подлежащих вторичной переработке термопластичных изоляционных материалов. По этому направлению сообщается об основных характеристиках смеси фторнитрил/CO_2, которая при температурах выше –30 °C может быть альтернативой SF_6 в высоковольтной технике. Результаты испытаний подтверждают рабочие качества примененной экологически чистой газовой смеси с точки зрения экологии, охраны труда и безопасности, совместимости и стабильности материалов и герметичности [17].

А также к обсуждению предлагаются качества термопластичных изоляционных материалов для распредустройств низкого напряжения. Лабораторные испытания и модели выключателей в формованном корпусе подтвердили применимость

AC AND DC FIELD DISTRIBUTION AT 320KV. ELECTRIC FIELD IS REFERRED TO THE MAXIMUM ELECTRIC FIELD COMPUTED AT 320KV AC

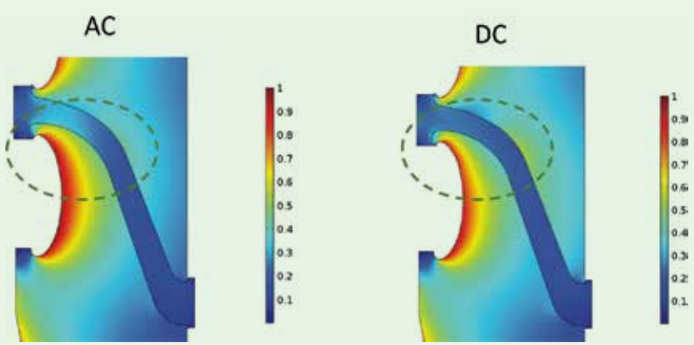

Рис. 3

EXPERIMENTAL DEVICE FOR THE SURFACE DIELECTRIC STRENGTH CHARACTERIZATION UNDER DC VOLTAGE

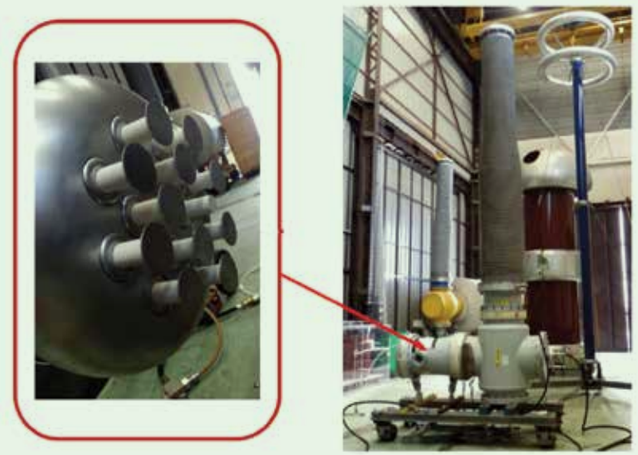

Рис. 4

термопластичного изоляционного материала (алифатические полиамиды). Рассмотренный материал должен повысить возможности переработки компонентов РУ [19].

НЕСТАНДАРТНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ И НОВЫЕ МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ

По данному направлению основной акцент уделен разработке новых процедур средств диагностики и тестирования изоляционных систем силовых трансформаторов.

В частности, особо отмечены попытки автоматизировать оценку результатов анализа частотных характеристик (АЧХ) обмоток силового трансформатора. Поскольку практически получаемые спектры АЧХ зависят от многих факторов, включая тип используемых приборов, конфигурацию тестового контура и кабельной схемы, представленная работа имела целью снизить долю влияния индивидуальных операторов в толковании результатов. Авторы утверждают, что спектры АЧХ можно параметизировать с помощью разработанного ими алгоритма базовых функций частотной локализации (БФЧЛ) в информативной системе идентификации отказов, и предлагают включить его в соответствующие стандарты [22].

Сообщается об обширных исследованиях, предпринятых лабораториями в Бразилии и США, которые направлены на оценку процедуры, описанной в стандарте IEEE C57.100 и определяющей «Метод термической оценки систем изоляции для распределительных и силовых трансформаторов с жидким наполнителем». Цель стандарта — позволить оценку новой системы изоляции путем сравнения с уже известной. Уделено особое внимание параметрам контрольной «проверенной системы», включая термически улучшенную крафт-бумагу, целлюлозный пресс-шпан и минеральное масло, которые не получили точного определения в стандарте и поэтому могут быть представлены продуктами, полученными от разных производителей [26].

Измерение частичного разряда (ЧР) и определения его формы под постоянным напряжением является важной темой.

Рассказывается о распознавании образов ЧР постоянного тока и локализации ЧР для оборудования с газовой изоляцией. Искусственные дефекты могут выявляться с помощью модифицированного хаотичного анализа ЧР (ХАЧР). Локализация ЧР с помощью направленных датчиков и с учетом полярности сигнала выглядит довольно эффективным методом. Дискретное преобразование элементарных волн используется для очистки сигналов ЧР от шумов [27].

Показано влияние пульсации постоянного тока на образы ЧР, которые возникают на основании различий времени появления ЧР и амплитуд между последовательными импульсами. Результаты лабораторных испытаний показывают влияние пульсаций напряжения на возникновение ЧР. Для диагностики применено программное обеспечение, выполняющее трехмерную группировку ЧР на основании анализа формы пульсовой волны [28].

Группа докладов рассматривает характеристики изоляции при грозовом импульсе и ошибку при нарастании импульса в больших сверхвысоковольтных импульсных распределителях. На основании экспериментов предлагаются новые функции K-фактора.

Приведен обзор диэлектрической прочности при искаженных грозовых импульсах. Оценка параметров от искаженного ГИ со стандартизованной процедурой одиночного К-фактора (МЭК 60060 — 1: 2010 и IEEE 4, 2013) обсуждается подробно. Экспериментальная работа показала разные значения К-фактора для воздушных зазоров; предлагается обобщенная функция К-фактора [29].

Проведено обсуждение коррекции ошибки времени нарастания импульса больших импульсных делителей ультравысокого напряжения (УВН) по методу обращения свертки, который восстанавливает записываемые формы волны с помощью измеренного ответа делителя на импульс. Результаты экспериментов на емкостном импульсном делителе напряжения 2400 кВ с демпфированием показывают эффективность применения предложенного метода обращения свертки [31].

Влажность бумажно-масляной изоляции (БМИ) и, в первую очередь, бумаги является одним из основных показателей, характеризующих состояние высоковольтного маслонаполненного электрооборудования (ВМЭО). В процессе эксплуатации ВМЭО происходит постепенное увеличение влажности бумажно-масляной изоляции. В результате этого ускоряются физико-химические процессы деградации БМИ, снижающие ее диэлектричесую прочность, что с неизбежностью приводит к возникновению пробоя и выходу оборудования из строя. Поэтому контроль влажности БМИ необходим для надежной эксплуатации ВМЭО. В докладе [23] представлены результаты разработки прибора непрерывного контроля влажности (ПНКВ), который «напрямую» измеряет влажность БМИ. В работе приведена конструкция прибора ПНКВ, состоящего из датчика влажности (ДВ) и устройства сопряжения (УС).

Измерительным элементом ДВ является погруженный в ТМ конденсатор, в котором в качестве влагочувствительного элемента (ВЧЭ) используется электротехнический картон. Изменение емкости ВЧЭ пропорционально изменению его влажности. Конструкция датчика выполнена так, чтобы условия накопления влаги в БМИ и в ВЧЭ были одинаковыми. Результаты измерений ПНКВ не зависят от свойств ТМ.

Устройство сопряжения, устанавливаемое в шкафу управления ВМЭО или в АСУ ТП, считывает текущую информацию с ДВ и передает результаты измерений на верхний уровень контроля по двум независимым интерфейсам: RS-485 и Ethernet, которые реализуют протоколы МЭК 60870-5-101и МЭК 60870-5-104. К одному УС допускается подключение до 16 ДВ. Основные характеристики ПНКВ: рабочая температура — до +90°С, погрешность измерения влажности (по массе) — 0,5%, наработка на отказ — 80 000 ч. ДВ влажности одновременно измеряет температуру ВЧЭ, что позволяет проводить температурную коррекцию величины измеряемой емкости.

Рис. 5
Рабочая встреча на 46-й Сессии СИГРЭ представителей итальянской компании Terna S.p.A. с представителями ПАО «ФСК ЕЭС» и завода «Изолятор»

Также описана методика калибровки ДВ и представлены результаты его лабораторных испытаний.

В последнее время требования к величине предельно допустимой влажности БМИ ужесточились. Считается, что относительная влажность БМИ не должна превышать 2%, тогда как сравнительно недавно допустимой считалась относительная влажность БМИ 4%.

Отмечено, что при снижении значения измеряемой величины возрастают требования к измерительной аппаратуре, в частности, к погрешности измерений.

Достаточно надежные данные о влажности БМИ можно получить из анализа отклика изоляции трансформатора на зондирующие импульсы напряжения в широком диапазоне частот. Однако эти методы, основанные на зависимости диэлектрической проницаемости БМИ от влажности, могут использоваться только на оборудовании, выведенном из эксплуатации. Несмотря на то, что темп увлажнения БМИ обычно является достаточно низким, за межремонтный период содержание влаги в ней может превысить критический уровень. Поэтому наиболее эффективным методом своевременного обнаружения опасного увлажнения БМИ является непрерывный контроль влажности.

Существующие в настоящее время приборы непрерывного контроля состояния БМИ измеряют относительную влажность трансформаторного масла (ТМ), из которой, в принципе, пересчетом можно определить влажность собственно БМИ. Однако этот метод может приводить к большим ошибкам, которые порождены сложным, малоизученным характером процессов влагообмена между ТМ и целлюлозными материалами [23].

АКТИВНОСТЬ ИК D1 И ПЕРСПЕКТИВЫ НА БУДУЩЕЕ

Деятельность ИК D1 в ближайшее время будет направлена на изучение новых и существующих материалов по улучшению их характеристик применительно к электротехнике, а также усовершенствованию методов испытаний и средств диагностики.

Процедуры испытаний и измерений, разрабатываемые с использованием знаний о свойствах материалов и электроизоляционных систем при воздействии электрических, тепловых, механических, химических и природных факторов, будут применены для разработки новых методов диагностики.

Членами ИК D1 были подготовлены материалы (Руководящие указания и доклады рабочих групп). В качестве примеров можно привести следующие технические брошюры:

- TB 636 Diagnostics and accelerated life endurance testing of polymeric materials for HVDC application (WG D1.23), November 2015;
- TB 644 Common characteristics and emerging test techniques for high temperature superconducting power equipment (WG D1.38), December 2015;
- TB 646 HVDC Transformer insulation: oil conductivity (JWG A2/D1.41), January 2016;
- TB 654 UHF partial discharge detection system for GIS: Application guide for sensitivity verification (WG D1.25), April 2016;
- TB 661 Functional nanomaterials for electric power (WG D1.40), August 2016;
- TB 662 Guidelines for partial discharge detection using conventional (IEC 60270) and unconventional methods (WG D1.37), August 2016.

УЧАСТИЕ В РЕГИОНАЛЬНЫХ ЗАСЕДАНИЯХ, КОЛЛОКВИУМАХ И СИМПОЗИУМАХ

В 2017 г. и далее запланирован Коллоквиум CIGRE SCA3/B4/D1 2017 в Виннипеге (Канада), 30 сентября — 06 октября, 2017 г.

ИК D1 соберется в Париже, Франция, в августе 2018 г., а Коллоквиум CIGRE SC A2/D1 состоится в 2019 г. в Нью-Дели (Индия).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По итогам 46-й сессии по Комитету D1 СИГРЭ можно отметить следующие наиболее обсуждаемые ключевые вопросы:

- долговременная стабильность нового незаполненного материала из сшитого полиэтилена, одобренного для изготовления кабелей 525 кВ постоянного тока;
- применение систем постоянного тока HVDC;
- оценка изменений гидрофобности поверхности изоляторов;
- экология, в частности применение альтернативных смесей SF_6;
- применение новых материалов с целью повышения экологической чистоты, взрыво- и пожаробезопасности и энергоэффективности;
- применение растительных масел взамен минеральному трансформаторному маслу;
- локализация ЧР с помощью направленных датчиков и с учетом полярности сигнала довольно эффективный методом. Дискретное преобразование элементарных волн для очистки сигналов ЧР от шумов;
- разработки испытательного оборудования и методики для оценки усталостной прочности композитных станционных опорных изоляторов;
- диагностики высоковольтного оборудования.

Общим итогом работы объединенной российской делегации на 46-й Сессии СИГРЭ и всех состоявшихся встреч стали расширение международных связей по научно-техническому обмену, результативный диалог по актуальным вопросам развития мировой электроэнергетики, формирование договоренностей и планов дальнейшего сотрудничества.

ЛИТЕРАТУРА

1. D1-101 R. Gremaud (Switzerland). Solid-gas insulation in HVDC gas-insulated system: Measurement, modeling and experimental validation for reliable operation.
2. D1-102 Girodet (France) DC GIS: Importance of simulations for the design and testing.
3. D1-103 S. Okabe (Japan). Various Characteristics of GIS Insulation Systems and Test Method of Insulating Spacers for Residual DC Voltage.
4. D1-104 C. Andersson, V. Englund, H. Ghorbani, C.O. Olsson (Sweden). Evaluation of small scale testing for high field conductivity of HVDC cable materials.
5. D1-105 P.O. Hagstrand, J. Andersson, V. Englund, V. Eriksson, J. Jungkvist, A. Kontro, W. Loyens, U.H. Nilsson, A. Smedberg (Sweden). Long term performance of XLPE insulation material for HVDC cables.
6. D1-106 A. Hascoat (France). Study of dielectric properties of XLPE for HVDC cables during long-term ageing.
7. D1-107 L. Donzel (Switzerland). ZnO stress grading tape for stator windings for electrical machines located at higher altitudes.
8. D1-108 J.H. Son, J.Y. Shim, D.J. Park (Korea). Dielectric Performance by Ectrode Surface Pretreatment and Multi-layer Coatings in GIS.
9. D1-109 X.D. Liang, S.H. Li, Y. Chen, Y. Yin, Z.Y. Li (China). Trackingand Erosion Tests for SR Composite Insulators under DC Voltage.
10. D1-110 I. Gutman, M. Gullo, M. Gardestedt, J.F. Goffinet, J. Seifert, F. Schmuck (Sweden) Long-term performance of composite station insulators with larger diameters: laboratory tracking and erosion test vs. service experience.
11. D1-111 N. Mahatho (South Africa). The Effect of Bird Streamers on the Insulation Strength of HVDC Lines.
12. D1-112 A. Wagner (Germany). Performance of polymeric insulators in hybrid AC/DC overhead lines under polluted conditions.
13. D1-113 A. Al-Thagafi, A.H. Rahma, R. Znaidi (GCCIA. KSA). GCCIA Pollution test station An Optimizing Tool for Pollution Site Severity &Selection of Optimum Insulators Profile In Eastern KSA.
14. D1-201 Q. Liu, Z.D. Wang, P. Jarman, G. Wilson, R. Hooton, D. Walker, P. Dyer, C.H. Krause, P.W.R. Smith, A. Gyore, R. Martin, P. Mavrommtis, J. Noakhes (Unitedkingdom). Electrical and Thermal Behaviour of Synthetic Transformer Liquids.
15. D1-202 F. Scatiggio, M. Rebolini, C. Serafino, A. Valant (Italy). Preliminary study for use of vegetabl eesters in big power transformers.
16. D1- 203 C. Tang, S. Zhang, Q. Zhou, X. Li (China). Molecular Simulationand Experiment of Transformer Cellulose Insulation Paper Modified by Nano Al_2O_3.
17. D1-204 K. Pohlink (Switzerland). Characteristics of A fluoronitrile / CO_2 mixture-an alternative to SF_6.
18. D1-205 C. Preve (France). Validation method and comparison of SF_6 alternative gases.
19. D1-206 Beema Thangarajan, S.H. Chetwani (India). Thermoplastics for Low Voltage Switchgear Application.
20. D1-207 Y. Murakami (Japan). Preparation of Thermal Conducive Insulating Composite Material Using Electrostatic Adsorption Method.
21. D1-208 Hoehlen-Atanasova (Germany). Comparative Investigation on Ester Insulating Liquids for High Voltage Applications.
22. D1-301 D. Tusek, J. Welsh, S. Wolinski (Australia). Developments for Frequency Response Analysis Automation.
23. D1-302 L.A. Darian, A.A. Kozlov, A.V. Kozlov, V.P. Polistchook, A.V. Shurupov, N.A. Matveev (Russia). Diagnostic control of oil-paper insulation based on method of "direct" measurement of paper moisture content.
24. D1-303 J. Jimeez, B. Remartines (Spain). Development of anew spectrophotometric method for analysis of 2-furfuraldehyde in transformer oil as an indicator of paper degradation.
25. D1-304 C.D. Sessa, ACP, Martins, Chaves LMM, DJ, Vassalo, MJ Proenca (Brazil). Dissolved Gas Analysis Applied to on Load Tap-Changers.
26. D1-305 H.M. Wilhelm, L. Langer, G. Dal Pont, P.O. Fernandes, L.G. Feitosa, R.P. Marek, L. Galhardo, E. Wang (Brazil). Astudy of liquid-immersed transformer reference insulation systems used to determine thermal class.
27. D1-306 I.J. Seo, Y.J. Lee, W. Choi, B.W. Lee, J.Y. Koo, J.T. Kim (Korea). A development of DC PD pattern recognition method using Modified CAPD together with PD founding for Gas insulated apparatus under DC voltage.
28. D1-307 M.A. Sanchez (Uran), F. Garnacho, F. Álvarez, G. Donoso, J. Ortego (Spain). Signal processing and study of the ripple influence in PD patterns for measurements under HVDC stress.
29. D1-308 R.R. Diaz, J.N. Silva (Argentina). A Review of Dielectric Strength with Distorted Lightning Impulses.
30. D1-309 S. Okabe (Japan). Insulation Evaluation of High-voltage Insulation Systems for Actual Overvoltage Waveforms and Practical Field Conditions.
31. D1-310 Y. Li (Australia). Correcting the Errors of Large Impulse Ultra High Voltage Dividers with the Deconvolution Method.
32. D1-311 J. Wankowicz, J. Bielecki (Poland). Investigation of mechanical strength for station post composite insulators subjected to variable loads.

XV МОСКОВСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ФОРУМ

ТЭК РОССИИ XXI

XV MOSCOW INTERNATIONAL ENERGY FORUM

ТЭК РОССИИ В XXI ВЕКЕ

6 - 7 АПРЕЛЯ 2017 г.
МОСКВА

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

6 МЕЖДУНАРОДНЫХ КОНФЕРЕНЦИЙ

XII МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА

2000 УЧАСТНИКОВ

120 УНИКАЛЬНЫХ ДОКЛАДОВ

Устойчивое развитие ТЭК России

РЕГИСТРАЦИЯ:

119019, Москва, а/я 76
Тел./факс:+7 (495) 664-24-18
info@mief-tek.com

www.mief-tek.com

14+ НА ПРАВАХ РЕКЛАМЫ

ОРГАНИЗАТОРЫ

Комитет Совета Федерации по экономической политике

Комитет Государственной Думы по энергетике

ФГБУ «РЭА» Минэнерго России

Институт проблем регионального развития