

**44-я сессия Международного Совета по большим
электрическим системам высокого напряжения (СИГРЭ)
(Париж, Франция, 25-31 августа 2012 г.)**

ОТЧЕТ

В Париже, Франция, во Дворце конгрессов с 26 по 31 августа 2012 г. прошла очередная **44-я пленарная сессия Международного Совета по большим электрическим системам высокого напряжения (СИГРЭ)**.

В сессии приняли участие делегации более чем 80 стран, в том числе Австралии, Австрии, Аргентины, Бельгии, Бразилии, Германии, Индии, Испании, Италии, Канады, Китая, Кореи, Мексики, России, Великобритании, США, Франции, Швейцарии, Швеции, Японии и др., а также наблюдатели от таких крупных международных энергетических организаций, как CIRED, ENTSO-E, IEEE-PEC, МЭК и т.д.

В состав российской делегации, возглавляемой председателем Российского национального комитета СИГРЭ Б.И. Аюевым, вошли более 120 представителей российских электроэнергетических и электротехнических компаний, организаций и институтов. В составы делегаций других стран входили представители большинства крупнейших национальных и международных электроэнергетических компаний и объединений (ABB, Alstom, Areva, EDF, Elia, EnBW, Eni, Fingrid, General Electric, Hitachi, Hydro Quebec, Iberdrola, IEEE Power Engineering, Kansai, KEMA, KPCO, Mitsubishi, RTE, RWE, Siemens, Statnett, TERNА, TPCO, Toshiba Vattenfall и многие другие).

Одновременно с сессией во Дворце конгрессов была традиционно организована **техническая выставка**, в которой приняли участие 198 экспонентов и около 6500 посетителей.

На сессии **было представлено более 350 технических докладов** и сделаны десятки сообщений по проблемам развития крупных энергосистем и их интеграции, вопросам диспетчерского управления режимами работы, аварийных технологических нарушений, обеспечения надежности и безопасности энергоснабжения, новых технологий, электротехнических материалов и оборудования. Основное внимание было направлено на расширение сферы интересов СИГРЭ в сторону распределительных сетей, развития «интеллектуальных» сетей (Smart Grids).

От Российского национального комитета СИГРЭ (РНК СИГРЭ) на сессии было представлено 13 докладов:

- A1-101** *П. Сокур, Ю. Шакарян, Т. Плотникова, И. Довганюк, Р. Мнев, Н. Пинчук, О. Антонюк, А. Сидельников, Д. Жуков, Ю. Дементьев, В. Седунов*
Новые электромашинные компенсаторы реактивной мощности с двухосным возбуждением
- A1-302** *П. Илюшин, Ю. Гуревич*
Особенности газотурбинных и газопоршневых генераторных установок и специальные требования к ним
- A2-102** *Л. Дарьян, А. Валуйских, А. Мордкович, В. Туркот, Г. Цфасман*
Опыт внедрения и эксплуатации систем управления, мониторинга и диагностики трансформаторного оборудования в ЕНЭС России
- A3-102** *Л. Дарьян, В. Фортон, В. Полищук, А. Шурупов, Е. Сон*
Бездуговые испытания высоковольтного маслонаполненного электрооборудования на взрывобезопасность
- B2-203** *О. Фролов, Ю. Шершнев, М. Гуревич*
Опыт России по преодолению гололедно-ветровых аварий в электросетях
- B4-302** *В. Кочин, Д. Гвоздев, Ф. Дроздов, К. Кошелев, Г. Прочан, С. Эньков, С. Крайнов*
Разработка и испытания преобразователя напряжения типа статком на ВПТ Россия–Финляндия

- B4-303** *А. Арестова, А. Гробовой (Россия), Л. Бизумик, Р. Черкау (Швейцария), Ф. Вийелла (Бельгия), У. Хагер (Германия)*
 Применение технологий постоянного тока для аварийного управления энергообъединением ЕС и СНГ, межсистемные связи которого выполнены на постоянном токе либо в виде гибридной связи на постоянном и переменном токе
- C1-104** *А. Ильенко, Д. Пилениекс*
 Проблематика формирования балансов мощности ЕЭС России для периода экстремальных климатических условий
- C2-103** *А. Бурмистров, Е. Попов, А. Урганов, А. Герасимов, А. Есипович*
 Анализ современных регуляторов возбуждения синхронных машин в условиях физической модели сложной энергосистемы и предложения для МЭК по критериям оценки их эффективности
- C2-202** *М. Рабинович, Ю. Моржин, В. Каковский, И. Головинский*
 Тренажер-советчик диспетчера верхнего уровня управления электросетевой компании
- D1-101** *Ю. Торшин*
 Свойства и характеристики нового органического трансформаторного масла
- D1-201** *А. Лоханин, А. Корявин, О. Волкова, М. Гольдштейн*
 Выбор формы испытательного напряжения коммутационного импульса и внесение поправок на атмосферные условия для внешней изоляции УВН
- D2-101** *А. Данилин, А. Бердин, А. Герасимов, М. Молвинских*
 Развитие информационной платформы организации измерения, сбора, обработки и передачи данных между объектами электроэнергетики и центрами управления

Российские эксперты также приняли участие в дискуссионных заседаниях исследовательских комитетов и рабочих групп СИГРЭ по всем основным направлениям деятельности СИГРЭ.

Накануне открытия сессии, 25 августа 2012 г состоялись заседания постоянно действующих административных органов СИГРЭ – **Управляющего комитета (Исполкома) и Административного совета.**

РНК СИГРЭ на заседаниях представляли член Исполкома и Административного совета от России проф. А.Ф. Дьяков и его помощник Л.Я. Лебедева.

В соответствии с повестками дня на заседаниях обсуждались следующие вопросы:

- исследовательская деятельность СИГРЭ и национальных комитетов;
- итоги финансовой деятельности за 2011-2012 гг.;
- бюджет на 2013-2014 гг., причины перерасхода бюджета в 2011 и 2012 г.;
- влияние на бюджет нового налогового статуса СИГРЭ в соответствии с французским законодательством и непредвиденных расходов;
- способы покрытия дефицита бюджета, необходимость избежания подобных ситуаций в будущем;
- ужесточение контроля деятельности Центрального офиса;
- вопросы информационной политики, создание нового официального сайта;
- программа региональных конференций и симпозиумов на 2012-2013 гг., способы получения прибыли от проведения симпозиумы;
- отношения с другими международными организациями;
- подготовка и издание второго тома книги по истории СИГРЭ;

и ряд других вопросов.

Также был предложен состав Административного совета на 2013-2014 гг. и рассмотрены кандидатуры на должность президента СИГРЭ, казначея и председателя Технического комитета, новых членов Исполкома и представителей Административного совета в Техническом комитете.

По итогам заседаний были приняты соответствующие решения и рекомендации по основным вопросам для вынесения на утверждение Генеральной ассамблеи СИГРЭ.

Церемония торжественного открытия сессии состоялась в Большом зале Дворца конгрессов 26 августа 2012 г. На открытии выступил специально приглашенный докладчик – президент Государственной электросетевой корпорации Китая SGCC г-н Лю Чженьхуа (Liu Zhenhua). Он представил видение китайской стороны по ряду будущих крупных проектов так называемых «суперсетей» из Китая в Европу, в том числе проходящих и через территорию России, не ссылаясь при этом на положительное либо отрицательное мнение иных заинтересованных сторон. Его доклад вызвал неоднозначную реакцию специалистов.

Основную тему выступления составила идея формирования межконтинентальных магистральных энергетических потоков, использование которых будет способствовать решению проблем оптимизации использования глобальных энергетических ресурсов.

Значительное внимание было уделено вопросам формирования межконтинентальных энергетических мостов, в основу создания которых должно быть положено использование технологии строительства магистральных линий сверхвысокого напряжения.

При анализе состояния энергетических ресурсов в граничащих с энергодефицитной Европой странах в выступлении было отмечено, что такие регионы, как Китай, российская Сибирь, страны СНГ и Монголия богаты ветровой, солнечной и гидравлической энергией. При этом они обладают значительным потенциалом развития энергетики при относительно малых объемах собственного потребления и низкой стоимости производства электроэнергии. Указанные регионы находятся в пределах 4000-8000 км от европейских стран и вполне доступны для организации электроснабжения с использованием технологий сверхвысокого напряжения и линий постоянного тока.

Как один из возможных вариантов доставки электроэнергии рассматривалась перспектива создания энергомоста по территории Сибири до западных рубежей России по линиям постоянного тока ± 1100 кВ, далее до Германии по линиям ± 800 кВ. Общая протяженность подобного энергомоста может составить 6400 км, а передаваемая мощность – 6 400 МВт. В случае создания двухцепной линии сверхвысокого напряжения постоянного тока передаваемая мощность может составить уже 22 000 МВт. В экономическом отношении создание подобного энергомоста выглядит более перспективным по сравнению с идеей создания на севере Германии комплекса ветровых установок.

Приведенные в выступлении прогнозы и оценки создания трансконтинентальных линий электропередачи базируются на накопленном за последние годы КНР значительном опыте создания сети линий сверхвысокого напряжения переменного и постоянного тока. Китай особенно активно сотрудничает с МЭК и СИГРЭ в области формирования стандартов для объектов сверхвысокого напряжения. Успехи в создании протяженных ВЛ сверхвысокого напряжения постоянного и переменного тока в Китае создают, по мнению докладчика, благоприятные перспективы для строительства магистрального энергетического моста, связывающего генерирующие мощности в Азии с объектами потребления в Центральной Европе.

Как было отмечено в выступлении, СИГРЭ в течение последних десятилетий внес значительный вклад в усиление взаимодействия между специалистами всего мира, занятыми в сфере развития и внедрения энергетических технологий. Таким образом, сформированы благоприятные условия для совместного решения проблем, актуальных для энергетического сектора мировой экономики.

Заседание Генеральной ассамблеи состоялось 27 августа 2012 г. Был заслушан и одобрен доклад уходящего президента Андре Мерлена (André Merlin), срок полномочий которого истек в этом году. В докладе были отражены итоги и результаты деятельности административных органов СИГРЭ, вопросы исследовательской работы, бюджетно-финансовой политики и последствия изменения налогового статуса СИГРЭ, деятельности национальных комитетов, сотрудничества с другими организациями, издания книги по истории СИГРЭ и др. Финансовый отчет за 2011-2012 гг. прошел аудит, и результаты финансовой деятельности СИГРЭ и исполнения бюджета были признаны соответствующими

французскому законодательству. Однако за двухлетний период сальдо приходно-расходного баланса оказалось отрицательным, что вызвало вопросы присутствующих. Дефицит будет покрыт за счет займа. Также в связи с инфляцией было принято решение увеличить членские и регистрационные взносы для всех категорий членов СИГРЭ.

Ассамблея рассмотрела и утвердила новый состав Административного совета на 2013-2014 гг. В него вошли представители всех стран, имеющих национальные комитеты, в том числе от России – проф. А.Ф. Дьяков.

Заседание Административного совета нового состава состоялось 28 августа 2012 г. На заседании были избраны высшие должностные лица СИГРЭ, которые будут исполнять свои обязанности в 2012-2014 гг.

На посту президента СИГРЭ Андре Мерлена сменил Клаус Фрелих (Klaus Froehlich), представитель Швейцарского национального комитета, в течение последних 6 лет (с 2006 по 2012 гг.) возглавлявший Технический комитет СИГРЭ. Председателем Технического комитета и казначеем были названы соответственно Марк Уолдрон (Mark Waldron) из Великобритании и Ричард Биван (Richard Bevan) из Австралии.

По результатам тайного голосования были избраны два новых члена Технического комитета от Административного совета, которыми стали представители Нидерландов Вилл Клинг (Will Kling) и Перу Луис Веласко (Luis Velasco).

При утверждении нового состава Исполкома, включающего 15 мест, было проведено тайное голосование по выборам представителей национальных комитетов на 3 места. Были избраны Хорхе Низовой (Jorge Nizovoy) из Аргентины, Йорген Кристенсен (Jorgen Christensen) от стран Северной Европы, Роберт Стефен (Robert Stephen) из ЮАР. Россию в Исполкоме будет по-прежнему представлять проф. А.Ф.Дьяков.

В своем обращении к новым членам Административного совета генеральный секретарь СИГРЭ Франсуа Мелье (François Meslier) просил обратить особое внимание национальных комитетов на более четкое соблюдение правил представления информации о членах СИГРЭ (их адресах, оплате членских взносов и т.д.), соблюдение сроков уплаты взносов. Он отдельно отметил, что в связи с важностью информации о количестве членов в национальном комитете для определения его рейтинга уточнены количественные соотношения двух категорий индивидуальных и коллективных членов, в частности, молодой специалист (до 35-ти лет) будет иметь ½ голоса индивидуального члена СИГРЭ.

Заседание секретарей национальных комитетов состоялось 29 августа 2012 г. От РНК СИГРЭ в заседании принимала участие ответственный секретарь И.Н. Анепкина.

Технические (дискуссионные) заседания исследовательских комитетов и рабочих групп проходили с 27 по 31 августа 2012 г. во Дворце конгрессов. Также были открыты секции постеров всех исследовательских комитетов.

В ходе заседаний были обсуждены направления исследований и технической экспертизы, проводимые СИГРЭ. На первый план была выдвинута необходимость интенсификации исследований по вопросам распределительных сетей и создания «интеллектуальных» систем, которые должны включать в себя все этапы поставки электроэнергии потребителю.

27 августа 2012 г. состоялось **пленарное заседание** «Роль электрических систем в снижении воздействия энергетики на окружающую среду» (The Role of Electricity Systems in Reducing Energy's Environmental Footprint).

27 августа 2012 г. также состоялся очередной **специальный семинар** «Аварийные возмущения» (Large Disturbances), посвященный анализу развития и способов ликвидации аварийных ситуаций, возникающих в больших энергосистемах по различным причинам,

начиная природными катаклизмами и заканчивая человеческим фактором. Для рассмотрения присутствующим были представлены программные доклады, посвященные оценке причин и последствий крупных аварий, произошедших в национальных энергосистемах (энергообъединениях) по различным причинам:

- Индия, 30-31 июля 2012 года;
- США, 8 сентября 2011 года;
- Япония, март 2011 года;
- Австралия, январь 2011 года;
- Бразилия, 4 февраля 2011 года.

Основное внимание было уделено процессу возникновения и развития аварии, процесс восстановления энергосистемы рассматривался очень поверхностно. Также в ряде докладов были приведены материалы по принятым решениям относительно предотвращения подобных аварий в будущем.

28 августа 2012 г. состоялось **пленарное заседание** по вопросам образования в электроэнергетике. В представленных докладах была охарактеризована существующая ситуация в ведущих образовательных учебных заведениях, занимающихся подготовкой инженеров для работы на предприятиях электроэнергетической отрасли.

Практически все докладчики отмечали недостаточно высокую квалификацию выпускаемых инженеров для эффективной работы на предприятиях отрасли. Особое внимание было обращено на необходимость качественного изменения учебных программ, которые не в полной мере соответствуют потребностям современной электроэнергетики (в связи с появлением новой техники и технологий, а также передовых способов обучения).

Особое место занял доклад представителя Китая, который охарактеризовал существующую систему подготовки кадров в стране как позитивную. Основной причиной этого была названа разработка специального образовательного стандарта, к которому присоединилось большинство вузов в стране и который позволяет обеспечить эффективную всестороннюю подготовку кадров, в том числе для электроэнергетики. При этом детали данной системы подготовки в докладе раскрыты не были.

31 августа 2012 г. состоялось заседание **исследовательского комитета А1** «Вращающиеся электрические машины» (Rotating Electrical Machines).

В ходе заседания было отмечено, что в последние годы значительно возрос интерес к использованию электрических машин для распределенной генерации – ветровые и солнечные установки, дизельные генераторы с поршневыми дизелями. Это, в свою очередь, вызвало большую заинтересованность в оптимизации режимов работы таких устройств, исходя из критерия обеспечения необходимой системной устойчивости как при работе в автономном режиме, так и при подключении нескольких относительно маломощных генерирующих устройств к достаточно мощным энергосистемам. Вопросы совместимости, равно как и вопросы параллельной работы нескольких устройств и вытекающие из соответствующего анализа требования рассматривались в нескольких докладах.

На заседании было представлено 24 доклада по 3 предпочтительным темам.

I. Разработка новых конструкций электрических машин и опыт сервисного обслуживания (8 докладов).

і. по направлению «Новые тенденции в конструировании и производстве»:

- влияние специальных требований энергосистем к величине инерции генератора;
- применение метода конечных элементов для расчета электромагнитных сил в демпферных обмотках мощных генераторов;
- использование нанотехнологий для улучшения качества изоляции для повышения механической прочности, теплопроводности, электрической прочности;

- требования к проведению заводских испытаний мощных генераторов (1800 МВт);
 - контроль температурного состояния по скорости нарастания температуры, а не по величине температуры, изменение по температурным ограничениям, старение изоляции, критерии выбора размеров машины.
- ii. *по направлению «Опыт сервисного обслуживания»:*
- опыт эксплуатации асинхронизированного компенсатора, регулирование величины реактивной мощности в обоих направлениях и в большем диапазоне по сравнению с традиционными синхронными компенсаторами;
 - водоподготовка на основе критерия продления ресурса работы генератора;
 - метод изменения температуры проводников статора турбогенератора с воздушным охлаждением мощностью 50 МВА.

II. Управление сроком службы электрических машин (10 докладов).

- i. *по направлению «Обновление, модификация, замена и модернизация»:*
- модернизация электростанции, главной электрической схемы (решения по повышению мощности с 660 МВт при коэффициенте мощности 0,85 до 750 МВт при коэффициенте мощности 0,9);
 - метод оценки приемлемости использования частотно-регулируемого электропривода при модернизации вентилятора или насоса;
 - программа модернизации гидростанций, анализ возможных рисков и пути их снижения.
- ii. *по направлению «Мониторинг, диагностика и оценка состояния»:*
- новый алгоритм анализа частичных разрядов, основанный на существующих кластерных алгоритмах, но с использованием методики удаления выпадающих результатов;
 - метод мониторинга частичных разрядов на работающем оборудовании с использованием узкополосной антенны, расположенной внутри корпуса машины;
 - методы снижения уровня шума (помех) при анализе частичных разрядов на работающем оборудовании;
 - методология оценки рисков, использованная для оценки состояния гидрогенераторов, на основе анализа частоты повреждения генераторов;
 - применение частотного анализатора для испытания компонентов генератора, с помощью которого можно определять витковые короткие замыкания;
 - развитие методов диагностики гидрогенераторов, содержащих модель оценки состояния путем ввода различных параметров.

III. Электрические машины для распределенной генерации (6 докладов).

- i. *по направлению «Функционирование и надежность обновление»:*
- влияние различных нарушений в энергосистеме на работу генерирующих устройств небольшой мощности, правильность настройки быстродействующих систем защиты;
 - реконструкция газотурбинного блока небольшой мощности, описание контроллера системы управления.
- ii. *по направлению «Мониторинг и диагностика»:*
- опыт успешного анализа состояния гидрогенераторов возрастом от 20 до 30 лет на приливной станции;
 - мониторинг и диагностика ветрогенераторов, способы мониторинга.

Представленные доклады показали существенный прогресс в конструировании, диагностике и продлении ресурса турбо- и гидро-генераторов. Особо следует обратить внимание на описание результатов исследования новой изоляции с использованием

нанотехнологий. Требуется также более внимательно подойти к практическому применению непрерывного контроля частичных разрядов в работающих турбо- и гидрогенераторах. Накопленный статистический материал позволяет это сделать. Кроме того, необходимо шире пропагандировать возможности применения асинхронизированных генераторов и компенсаторов в энергетике. Следует рассмотреть такое преимущество асинхронизированных турбогенераторов, как возможность быстрой отработки сбросов и набросов нагрузки, что необходимо при применении парогазовых блоков комбинированного цикла.

30 августа 2012 г. состоялось заседание **исследовательского комитета А2 «Трансформаторы» (Transformers)**.

В ходе заседания были сделаны специальные сообщения, обобщающие материалы докладов и отражающие современное состояние развития трансформаторостроения.

На заседании было представлено 32 доклада по 3 предпочтительным темам.

I. Трансформаторы в сетях будущего (15 докладов). Были затронуты следующие вопросы:

- мониторинг состояния высоковольтных вводов и переключающих устройств, в том числе при помощи новой технологии мониторинга трансформаторных вводов с использованием децентрализованных измерительных систем;
- совершенствование технических требований, конструкций и методов испытаний трансформаторов;
- метод оценки недостающих данных о нагрузке трансформатора для последующей оценки старения изоляции силовых трансформаторов;
- моделирование и раннее обнаружение внутренних начальных повреждений силовых трансформаторов на основе Вейвлет-анализа и оценки гармонического состава тока;
- разработка программного обеспечения Dynamic Transformer Rating (DTR) для управления ресурсом силовых трансформаторов с возможностью быстрой оценки возможных кратковременных и длительных аварийных перегрузок, что позволяет использовать ее в режиме реального времени;
- онлайн-мониторинг на основе измерения токов и напряжений с целью оценки коэффициента трансформации, сопротивления короткого и полных потерь в трансформаторе;
- оценка остаточного ресурса на основе мониторинга состояния силовых трансформаторов разработки, изготовления и испытания уникального однофазного автотрансформатора класса;
- онлайн-мониторинг и выявление быстроразвивающихся повреждений трансформаторных вводов.

II. Экологические аспекты проектирования и эксплуатации трансформаторов (11 докладов). Были затронуты следующие вопросы:

- применение натуральных эфиров с целью обеспечения экологической чистоты и повышения пожаробезопасности силовых трансформаторов и т.д.;
- применение аморфных сталей в распределительных трансформаторах;
- проектирование, изготовление и перезаливка силовых трансформаторов биоразлагаемыми натуральными эфирами с высокой температурой вспышки;
- повышение эффективности силовых трансформаторов и реакторов, снижение потерь и полной стоимости владения трансформаторами;
- оптимизация конструкции трансформаторов, исходя из условий эксплуатации;
- электрическое и электромагнитное моделирование для сухого трансформатора, основные параметры разработанного сухого трансформатора;
- применение эфиров и повышение пожаробезопасности в силовых трансформаторах;

- новая технология производства трансформаторных вводов с твердой изоляцией без использования бумаги Resin Impregnated Synthetics (RIS).

III. Магнитная система трансформаторов (6 докладов). Были затронуты следующие вопросы:

- влияние геомагнитно-индуктированных токов на силовые трансформаторы и их компенсации;
- компьютерное моделирование работы управляемых шунтирующих реакторов сверх- и ультравысокого напряжения в переходных режимах;
- поведение трансформаторов при воздействии постоянной составляющей геомагнитно-индуктированных токов;
- исследование токов включения на силовых автотрансформаторах ультравысокого напряжения 1000 кВ мощностью 3000 МВА;
- использование пространственных магнитопроводов в распределительных трансформаторах.

В рамках работы комитета были обсуждены предпочтительные темы для 45-й сессии СИГРЭ 2014 г., а также сделано объявление о совместном коллоквиуме комитетов А2 и С4 в 2013 г. (Цюрих, Швейцария). Членам комитета было рекомендовано распространить информацию о коллоквиуме среди специалистов своих национальных комитетов.

29 августа 2012 г. состоялось заседание **исследовательского комитета А3 «Высоковольтное оборудование» (High Voltage Equipment).**

Работа комитета была сфокусирована на вопросах повышения надёжности высоковольтного оборудования, управления сроком службы стареющего оборудования, методов испытаний оборудования в экстремальных условиях, применения новых и альтернативных технологий, развития оборудования ультравысокого напряжения и связанных с ним методик испытаний и др.

На заседании было представлено 22 доклада по 3 предпочтительным темам.

I. Проектирование оборудования с уменьшенными эксплуатационными затратами (10 докладов). Были затронуты следующие вопросы:

- результаты разработки и применения дугового источника импульсного давления (ДИИД), результаты экспериментальных исследований;
- аспекты, влияющие на надёжность и точность: феррорезонанс, распределение электростатического поля, загрязнённость воздуха, корона и т.д., при разработке емкостного трансформатора напряжения;
- различные подходы расчётного моделирования влияния токоограничивающего трансформатора и его проходной емкости на переходное восстанавливающееся напряжение в выключателе при коммутациях в аварийных режимах;
- результаты моделирования переходных восстанавливающихся напряжений при отключениях токов короткого замыкания вблизи мощных силовых трансформаторов;
- новый метод изучения поведения дуги отключения в высоковольтных выключателях постоянного тока с помощью униполярного источника тока.
- разработка комбинированных опорных изоляторов для оборудования сверхвысокого напряжения постоянного тока, которыми заменяются фарфоровые изоляторы.

II. Надёжность и срок службы оборудования высокого напряжения (6 докладов). Были затронуты следующие вопросы:

- коммутация конденсаторных батарей, анализ бросков тока из-за предпробоя межконтактного промежутка и повторные пробой при отключении;
- статистика и анализ аварии с целью и оценки остаточного срока службы коммутационных устройств и газоизолированных подстанций;

- методика и результаты математического моделирования дуги отключения высоковольтных элегазовых выключателей с целью оптимизации их конструкции при проектировании;
- мониторинг состояния автоматических выключателей с функцией оповещения эксплуатационных служб и дистанционным управлением;
- метод определения дефектов элегазовых выключателей при помощи измерений динамического переходного сопротивления контактов;
- анализ аварий, произошедших по вине генераторных выключателей.

III. Экологичность оборудования высокого напряжения (6 докладов). Были затронуты следующие вопросы:

- опыт эксплуатации опорной изоляции на класс напряжения 500 кВ в условиях загрязнения при автоматической промывке их поверхностей;
- высоковольтные выключатели нового поколения на платформе LTA;
- технология изготовления полых композитных изоляторов путём выдавливания силиконовой резины на композитные трубы (метод экструзии) для образования рёбер;
- численное моделирование дуги отключения в высоковольтном выключателе с целью разработки более совершенных выключателей;
- исследование вредного воздействия атмосферных отложений на распределение электрического поля изоляционных конструкций высоковольтного оборудования, расположенного в прибрежных морских районах;
- численная оценка сейсмостойкости высоковольтного оборудования.

Анализ представленных докладов свидетельствует о существенном прогрессе в конструировании, диагностике и продлении ресурса высоковольтного оборудования. Следует выделить доклады, в которых представлены разработки экологически чистого коммутационного оборудования с использованием новых электроизолирующих и дугогасительных сред. К более широкому применению были рекомендованы такие методы, как мониторинг оборудования в режиме реального времени с целью продления срока службы устаревшего, но эксплуатируемого оборудования, а также эффективность численного моделирования при разработках нового оборудования.

31 августа 2012 г. состоялось заседание **исследовательского комитета В1 «Изолированные кабели» (Insulated Cables)**.

На заседании были представлены 26 докладов, которые включали, в том числе, следующие вопросы:

- проблема снижения уровня электромагнитного поля в местах установки соединительных муфт;
- особенности использования имеющейся инфраструктуры и старых тоннелей для прокладки сверхвысоковольтных кабелей;
- определение текущего температурного состояния кабеля при управлении нагрузкой кабеля с использованием данных системы распределенных оптоволоконных датчиков в реальном времени;
- повышение эффективности диагностики, основанной на измерениях частичных разрядов, для оценки технического состояния бумажной пропитанной изоляции кабелей среднего напряжения;
- условия оценки синтетической изоляцией и арматуры, изучение старения полимерной изоляции, оболочек и металлических элементов высоковольтных кабелей и арматуры, эксплуатирующихся длительное время;
- термическое динамическое моделирование изолированных кабелей;
- испытания кабельной системы с изоляцией из сшитого полиэтилена;

- методы диагностики состояния и остаточного ресурса кабелей с намотанной изоляцией в распределительных сетях разрушающими и неразрушающими методами;
- решение проблемы эффективной организации эксплуатации и управления энергетических кабельных систем за счет оптимизации затрат;
- система конвертирования напряжения в условиях применения сверхпроводящих кабелей в системах конвертации напряжения и расширение использования возобновляемых источников энергии;
- использование разработанных неорганических нано-соединений для использования в изоляционных композициях на основе сшитого полиэтилена.

Наибольшее внимание было уделено текущим достижениям и перспективам конструирования, прокладки, методики расчетов и эксплуатации строящихся и модернизируемых кабелей, а также современным тенденциям при развитии кабельных систем. При обсуждении различных докладов были также рассмотрены новейшие разработки в сфере математического моделирования, расчетов, испытаний, температурного мониторинга, расчета токов нагрузки, новых технологий диагностики.

Материалы заседания свидетельствуют о таких тенденциях в области изолированных кабелей, как дальнейшее развитие систем непрерывного контроля («on-line мониторинг») кабелей и арматуры. Основные проблемы в данной области связаны с отсутствием развитой нормативной базы и с относительно небольшим опытом диагностики кабелей сверхвысокого напряжения, высокими требованиями к квалификации персонала. Кроме того, активно развивается направление, занимающееся разработкой кабелей, обеспечивающих передачу электроэнергии от возобновляемых источников (ветрогенераторы, морские платформы), и кабельных линий переменного напряжения большой протяженности с использованием компенсаторов реактивной мощности. Сохраняется интерес к так называемым Y-муфтам и переходным муфтам. Также продолжает развиваться направление высокотемпературной сверхпроводимости, работы по созданию новых кабельных материалов, в частности, объявлено о создании изоляции для кабелей постоянного напряжения с использованием нанотехнологий.

30 августа 2012 г. состоялось заседание **исследовательского комитета В2** «Воздушные линии» (Overheads Lines).

На заседании было представлено 27 докладов по 3 предпочтительным темам.

I. Повышение эффективности использования ВЛ (9 докладов). Были затронуты следующие вопросы:

- проектирование ВЛ ± 500 кВ постоянного тока на существенном удалении от других уже существующих биполярных линий;
- результаты лабораторных исследований влияния загрязнений и гололёдных отложений на изоляторах существующих линий 300 кВ, проведение мероприятий по оценке и уточнению данных об уровнях загрязняющих воздействий и т.д.;
- различные альтернативные варианты повышения пропускной способности линий 220 кВ, в том числе перевод ВЛ на повышенное напряжение, замена существующих проводов на провода большего сечения и применение высокотемпературного провода;
- максимальное использование пропускной способности существующих линий электропередачи в режиме динамического рейтинга;
- проблемы экспериментальной и теоретической оценки градиентов температуры проводов интенсивно нагруженных линий в радиальном и продольном направлениях.

II. Состояние ВЛ и способы его оценки (14 докладов). Были затронуты следующие вопросы:

- современные методы метеорологического прогнозирования/моделирования, основанные на использовании данных сети регулярных метеостанций, радаров и метеорологических спутников;
- опыт применения управляемых выпрямительных систем для организации плавки гололёда и предотвращения тяжелых аварий, методы контроля состояния проводов и опор ВЛ в условиях налипания мокрого снега;
- классификация различных видов пляски проводов и формирования карты частоты повторяемости и интенсивности пляски;
- климатологические исследования с целью построения пространственной модели распределения нисходящих воздушных потоков, достигающих экстремально высоких скоростей;
- снижение срока службы проводов переменного тока в результате интенсивной коррозии, обусловленной высоким содержанием солей в воздушных потоках, вероятностный метод оценки остаточного срока службы проводов, подверженных коррозионным процессам различной интенсивности;
- выявления дефектов композитных изоляторов, применение композитных изоляторов, современное состояние и перспективные способы оценки состояния изоляторов, применяемые в лабораторных и в полевых условиях.

III. Обслуживание и реконструкция ВЛ (4 доклада). Были затронуты следующие вопросы:

- исследование состояния стеклянных изоляторов и их замена стойкими к загрязнению композитными изоляторами из силиконовой резины;
- увеличение числа аварийных отключений из-за перекрытий гирлянд стеклянных изоляторов в связи со значительным ростом промышленной активности, резким ухудшением экологической обстановки и увеличением интенсивности загрязнений изоляторов.

В ходе обсуждения докладов были сделаны выводы о том, что сетевые компании многих стран мира (Германии, Нидерландов, США и др.) решают проблемы повышения токовых нагрузок на 20-40 % при передаче электроэнергии по существующим ВЛ посредством применения технологии динамического рейтинга. В соответствии с этой технологией токовые нагрузки увеличиваются при благоприятных метеорологических условиях и снижаются – при неблагоприятных, при том что при проектировании большинства существующих линий базовые значения перетоков энергии и мощности принимались в расчете на наименее благоприятные условия. Применение технологии динамического рейтинга предполагает необходимость выполнения оперативных оценок максимально допустимой пропускной способности линии с учетом её реального технического состояния, а также метеорологических параметров, получаемых либо в режиме реального времени, либо посредством краткосрочного метеомоделирования и определения наименее благоприятных условий для охлаждения проводов по всей длине трассы ВЛ.

Следует также особо отметить положительный опыт сетевых компаний Австрии и Ирландии по применению высокотемпературных проводов с малыми стрелами провеса для решения проблем более эффективного использования коридоров существующих линий электропередачи.

28 августа 2012 г. состоялось заседание **исследовательского комитета ВЗ «Подстанции» (Substations)**.

На заседании было представлено 25 докладов по 2 предпочтительным темам.

I. **Передовые технологии** (13 докладов). Были затронуты следующие вопросы.

- использование оптических измерителей тока и напряжения с более широкими возможностями в части измерений переходных процессов в режиме реального времени;
- «дорожная карта» для принятия стандарта МЭК 61850;

- экологические аспекты применения основных электрических компонентов ветровых турбин, генераторов, преобразователей, силовых трансформаторов, распределительных устройств;
- решения для строительства компактных подстанций в стесненных городских условиях;
- результаты испытания цифровых трансформаторов;
- проект энергоснабжения большого города при проведении реконструкции, возможные интеграционные решения минимизации площадей и возможности перевода ПС под землю;
- применение подходов Марковского процесса (MDP) в качестве альтернативы для реализации оптимизации навигации роботов для осмотра ПС в условиях неопределенности.

II. Опыт управления подстанциями (12 докладов). Были затронуты следующие вопросы:

- результаты оценки текущего технического состояния электрооборудования высоковольтных подстанций в режиме реального времени;
- техническое обслуживание высоковольтных подстанций на основе системы мониторинга в режиме реального времени в сочетании с системой поддержки принятия решений;
- оценка состояния измерительных трансформаторов, с использованием анализа диэлектрического отклика, детальный анализ состояния изоляции, предоставление информации о степени старения и содержание воды с помощью измерения диэлектрических свойств в широком диапазоне частот;
- повышение надежности подстанции путем ее реконфигурации, в частности, существующей системы шин и применения гибридных распределительных устройств;
- требования для мониторинга состояния элегазовой изоляции (GIS) и газозащищенных линий (ГИЛ);
- проблемы повышения токов короткого замыкания и пути решения;
- новый способ модернизации существующих подстанций через повышение рабочего напряжения, но с сохранением базового уровня изоляции;
- изменения требований к оборудованию подстанций и примеры новых технологий, применяемых для существующих объектов.

Представленные доклады свидетельствуют об общих тенденциях создания подстанций, обслуживание которых требует минимального участия человека. В частности, активно развиваются системы мониторинга состояния оборудования и подстанции в целом, что повышает эксплуатационную надежность. Большое внимание уделяется внедрению цифровых измерительных трансформаторов, работающих на разных физических принципах. В связи со значительным старением оборудования, внимание также направлено на новые подходы к модернизации и продлению срока эксплуатации подстанций. Представляет интерес информация по применению мобильных подстанций. Кроме того, общими для многих стран являются вопросы экономии площадей при строительстве и реконструкции подстанций в больших городах.

29 августа 2012 г. состоялось заседание **исследовательского комитета В4 «Линии постоянного тока и силовая электроника» (HVDC and Power Electronics)**.

На заседании было представлено 26 докладов по 3 предпочтительным темам.

I. Схемы электропередач постоянного тока (HVDC) и гибких электропередач переменного тока (FACTS) (13 докладов). Были затронуты следующие вопросы:

- исследования к линиям постоянного тока, взаимовлияния фильтров переменного тока двух полюсов и проблемы выполнения системных испытаний;

- новая стратегия управления, результаты заводских системных испытаний;
- меры по продлению срока эксплуатации и модернизация;
- исследование восприимчивости к распространению нарушений коммутации инверторов в существующих HVDC, работающих в «кольцевом режиме»;
- представление данных по надежности находящихся в эксплуатации систем HVDC.

II. Развитие технологий HVDC и FACTS (5 докладов). Были затронуты следующие вопросы:

- построение системы управления инверторами напряжения для HVDC с топологией многоуровневых модульных преобразователей
- конфигурации преобразователей постоянного тока;
- проект модульного многоуровневого преобразователя и его возможных вариантов;
- выбор топологии, подходящей для преобразователей типа D-STATCOM в диапазоне мощности порядка 100 кВА.

III. Применение HVDC и FACTS (9 докладов). Были затронуты следующие вопросы:

- концепция построения регулятора перетоков мощности для многоконцевой сети постоянного тока;
- исследование принципов регулирования потока мощности, тока короткого замыкания, выявления и устранения повреждений для радиальной сети (многоконцевая HVDC), включающей только преобразователи напряжения (VSC);
- исследование возможности D-STATCOM обеспечивать соответствие требованиям сети переменного тока в точке подключения возобновляемых источников к распределительной сети;
- преимущества использования HVDC с преобразователями напряжения (VSC) при объединении двух обширных энергосистем;
- результаты исследования проекта гибридной сети переменного/постоянного тока для связи энергосистем;
- многоэтапный проект сооружения шести вставок постоянного тока.

В ходе обсуждения особое внимание было уделено исследованиям и разработкам в области централизованного контроля состояния оборудования и управления его жизненным циклом.

31 августа 2012 г. состоялось заседание **исследовательского комитета В5** «Релейная защита и автоматика» (Protection and Automation).

На заседании было представлено 30 докладов по 2 предпочтительным темам.

I. Влияние компонентов так называемых «сетей будущего» на системы релейной защиты и автоматики (19 докладов). Были затронуты следующие вопросы:

- необходимость применения систем полного и частичного автоматизированного восстановления подстанций (SARS);
- оценка демпфирующих свойств энергосистемы в режиме реального времени с использованием технологий WAMS;
- изменение топологии распределительных сетей от преимущественно радиальной к замкнутой кольцевой с применением дифференциальных или дифференциально-фазных защит;
- применения многотерминальных систем постоянного тока, в частности, выбор способа их построения на основе преобразователя тока в сравнении с использованием преобразователя напряжения;

- внедрение возобновляемых источников энергии в распределительную сеть с точки зрения требований к уровням напряжения и частоты;
- обзор способов повышения эффективности электроэнергетических систем путем создания современных «умных» подстанций;
- требования к использованию усовершенствованных моделей релейной защиты и технологий моделирования для выявления некорректной работы защиты в сложных сетях, в частности, содержащих линии с продольной компенсацией;
- система оптимизации потоков данных на всех уровнях информационной иерархии.

II. Использование и задачи удаленного доступа для систем защиты и автоматики (11 докладов). Были затронуты следующие вопросы:

- необходимость использования автономного регистратора аварийных процессов в дополнение к решениям, реализованным с использованием стандарта МЭК 61850;
- исследование областей применения удаленного доступа, не требующих обеспечения режима реального времени, будущие потребности и планы использования получаемых удаленно данных;
- возможности использования неоперативных (получаемых не в режиме реального времени) данных для оперативных целей и сферы применения, иллюстрирующие потенциал их использования;
- цифровая регистрация аварийных событий, использование зарегистрированных данных, автоматизированный анализ аварийных событий и возможности использования современных интеллектуальных электронных устройств, таких как модули векторных измерений (PMU), для повышения качества анализа;
- основные требования для организации обмена информацией между уровнями подстанции и управляющего центра с использованием стандарта МЭК 61850;
- проблема обеспечения информационной безопасности удаленных подключений, обзор проблем кибербезопасности.

В рамках работы комитета были обсуждены предпочтительные темы для 45-й сессии СИГРЭ 2014 г., а также сделано объявление об изменениях в организации работы комитета. В частности, планируется интенсифицировать исследования в области стандартизации, для этой цели должна быть организована совместная рабочая группа комитета, ENTSO-E и рабочей группы № 10 МЭК для работы со стандартом МЭК 61850.

31 августа 2012 г. состоялось заседание **исследовательского комитета C1** «Планирование развития энергосистем и экономика» (System Development and Economics).

На заседании было представлено 34 докладов по 3 предпочтительным темам.

I. Обеспечения надежности, устойчивости и гибкости энергосистемы при изменениях на всех уровнях напряжения (19 докладов). Были затронуты следующие вопросы:

- планирование развития межсистемных связей, связанных с прогнозами изменения электропотребления, экспорта/импорта, сооружения генерирующих мощностей и т.п.;
- анализ преимуществ и недостатков различных способов подключения к энергосистеме наземных и морских ветропарков большой мощности;
- метод оценки степени координации развития «умных» сетей (Smart Grid) и возобновляемых источников энергии;
- особенности расчета показателей балансовой надежности энергосистемы с большим количеством возобновляемых источников энергии;
- расчеты балансовой надежности, а также вопросы использования метеорологических прогнозов;

- структурированный подход для определения потенциального объема вывода из эксплуатации базовых мощностей в связи с ростом доли возобновляемых источников энергии;
- планирование развития энергосистемы в условиях неопределенности, связанной с отсутствием гарантированно подтвержденных вводов перспективных генерирующих и электросетевых объектов.

II. Инвестиционные задачи при развитии энергосистем (8 докладов). Были затронуты следующие вопросы:

- анализ существующих методик планирования развития энергосистемы в разных странах и разработке на их базе общих подходов;
- негативное влияние на объем инвестиций в трансграничные линии электропередачи национальных интересов и интересов владельцев передающих сетей;
- бизнес-модели проектов по сооружению новых межсистемных связей в контексте распределения издержек, доходов и проблем;
- описание программного комплекса, осуществляющего оценку сценариев развития экономики, электроэнергетического сектора и энергокомпаний.

III. Задачи управления активами при развитии энергосистем (7 докладов). Были затронуты следующие вопросы:

- методика моделирования для оптимизации управления активами в передающей сети;
- стратегия управления и алгоритмы динамической компенсации реактивной мощности с использованием управляемых шунтирующих реакторов;
- программный комплекс для планирования замены проводов ВЛ с меньшим сроком службы по сравнению с опорами ВЛ;
- новая методика расчета и оценки рисков в течение всего жизненного цикла активов.

Анализ представленных докладов, а также итоги их обсуждения позволяют отметить, прежде всего, что практически отсутствует тематика «интеллектуальных» сетей (Smart Grid) в контексте развития энергосистем. Можно констатировать, что за последние годы произошло четкое позиционирование данных технологий на уровне распределения электроэнергии. Кроме того, явно выражена тенденция использовать в качестве основных стимулов для развития энергосистем в Европе широкомасштабные планы сооружения ветропарков в Северном и Балтийском морях, а также солнечных электростанций на юге Европы. Именно этой теме посвящено наибольшее количество серьезных исследований.

29 августа 2012 г. состоялось заседание **исследовательского комитета С2 «Функционирование и управление энергосистем» (System Operation and Control).**

На заседании было представлено 28 докладов по 2 предпочтительным темам.

Первая часть заседания была посвящена рассмотрению методов преодоления сложностей в управлении режимами работы энергосистем, связанных с увеличением объема производства «чистой» электроэнергии и изменением режима работы потребителей. Были рассмотрены следующие вопросы:

- современные разработки, связанные с использованием ветроустановок;
- опыт применения RTDS для оценки моделей и проверки корректности функционирования отдельных устройств;
- процедура верификации расчетных моделей;
- прогнозирование нагрузки и генерации на возобновляемых источниках энергии, корректировка диспетчерского графика;
- использование ветроустановок для регулирования частоты.

Вторая часть заседания была посвящена рассмотрению методов улучшения наблюдаемости режимов работы энергосистем, а также необходимости и способам координации функционирования различных диспетчерских центров. Были рассмотрены следующие вопросы:

- использование расчетов динамической устойчивости для on-line оценки надежности функционирования энергосистемы;
- использование PMU для повышения наблюдаемости электроэнергетических систем;
- координация действий системных операторов и распределение затрат между ними на реализацию управляющих воздействий, в том числе действием противоаварийной автоматики;
- опыт использования скоординированных управляющих воздействий в протяженных энергосистемах;
- опыт и достижения проекта PEGASE.

По итогам заседания были проведены переговоры с представителями Tractebel Engineering относительно сроков выхода новой версии программного комплекса EUROSTAG, возможных способов приобретения лицензий и их стоимости, а также проведена демонстрация основных программных продуктов, реализованных в рамках проекта PEGASE. По полученной информации, выпуск новой версии (4.5) после начавшегося в сентябре 2012 года тестирования будет реализован до конца 2012 года.

В рамках работы комитета также были обсуждены предпочтительные темы для 45-й сессии СИГРЭ 2014 г.

28 августа 2012 г. состоялось заседание **исследовательского комитета СЗ** «Влияние энергетики на окружающую среду» (System Environmental Performance).

На заседании было представлено 23 доклада по 2 предпочтительным темам.

I. Участие общественности в развитии инфраструктуры (13 докладов). Были затронуты следующие вопросы:

- методика проведения испытаний по воспламенению минерального изолирующего масла с высоким содержанием дифенилхлорида;
- результаты измерений и расчетов магнитных полей на подстанциях и ЛЭП в заселенных районах;
- базовые требования, относящиеся к общественному восприятию ЛЭП, процесс согласования разрешений, опыт вовлечения заинтересованных сторон в консультационный процесс по проектам ЛЭП;
- анализ отношения общественности к малоуглеродным технологиям и ядерной энергетике;
- процесс выбора индикаторов по воздействию на окружающую среду.

II. «Зеленые» энергосистемы будущего (10 докладов). Были затронуты следующие вопросы:

- оценка методов LCC и MCA, необходимость интегрирования таких методов для принятия решений при планировании высоковольтных ЛЭП
- анализируется применение электротранспорта его влияние на окружающую среду, экологический эффект;
- оценка потенциально достижимого снижения потерь в ЛЭП и снижения эмиссии CO₂ за счет широкого применения технологий, повышающих эффективность использования транспортной энергосистемы;
- последствия геомагнитных возмущений, которые оказывают серьезное воздействие на энергосистемы;
- методы и процедуры по изучению электромагнитных полей, создаваемых подводными кабельными системами и влияющих на морскую биосреду;

- эффект экономического и нагрузочного влияния на энергосистему массового подключения электротранспорта;
- интегрированная система принятия решений для оптимизации работы энергосистемы и оценки возможных потерь за счет использования LCC (в комбинации с анализом эффективности системы).

На ходе дискуссии на заседании было кратко охарактеризовано состояние дел в области изменений климата, увеличения доли возобновляемых источников энергии, их влияния на надежность и эффективность функционирования энергосистем.

29 августа 2012 г. состоялось заседание **исследовательского комитета С4** «Технические характеристики энергосистем» (System Technical Performance). Отчет по заседанию комитета не представлен.

30 августа 2012 г. состоялось заседание **исследовательского комитета С5** «Рынки электроэнергии и регулирование» (Electricity Markets and Regulation).

На заседании было представлено 26 докладов по 3 предпочтительным темам.

По теме «Интеграция возобновляемых источников энергии в рынок электроэнергии» обсуждение касалось, в частности, вопросов о схемах включения возобновляемых источников энергии в рынок и тарифов. Обсуждались проблемы включения возобновляемых источников энергии в оптовый рынок, связанные с рыночными механизмами и техническим обеспечением, а также влияние возобновляемых источников энергии на стабильность работы передающей сети.

По теме «Анализ опыта работы рынков электроэнергии» дискуссия велась по трем основным направлениям: координация рынков, инвестиции и эволюция рынков. В части координации обсуждались конкретные примеры функционирования смежных рынков, способы и методы, основанные на перетоках (в Европе) и автоматическом регулировании (США). Вопросы инвестиций касались задач окупаемости в электроэнергетике с учетом совместного использования сетей для телекоммуникаций, приводились примеры решений, используемых в разных странах. Эволюция рынков обсуждалась применительно к планам развития рынка в Египте и объединенного рынка Ирландии и Северной Ирландии.

По теме «Влияние передовых технологий на структуру рынков электроэнергии» общее обсуждение было посвящено влиянию развивающихся технологий (автоматизация спроса, хранение электроэнергии и др.) на конфигурацию рынка и границы ответственности традиционных участников: системных операторов, распределительных и генерирующих компаний. Также было отмечено, что внедрение новых технологий будет финансироваться частично за счет рыночных методов, частично – за счет регуляторов.

28 августа 2012 г. состоялось заседание **исследовательского комитета С6** «Распределительные системы и распределенная генерация» (Distribution Systems and Dispersed Generation).

На заседании было представлено 30 докладов по 3 предпочтительным темам.

I. Планирование и управление активными распределительными сетями (17 докладов). Были затронуты следующие вопросы:

- демонстрационный проект Distribution Smart Zone, результаты исследования работы распределительной линии;
- демонстрационный проект Smart Power Grid, включающий развитые средства автоматизации распределительных сетей, цифровые подстанции, развитые системы передачи электроэнергии и т.д.;
- методологический подход к оценке надежности;
- функциональные возможности, особенности применения, вопросы планирования и внедрения интеллектуальных средств измерения;
- комбинация накопителей энергии и управления спросом в жилом секторе;

- целостность управления распределенной генерацией в изменяющихся условиях функционирования;
- система управления распределением (DMS) для операторов распределительных сетей в условиях масштабного внедрения ветрогенерации;
- применение централизованного регулирования напряжения в сети среднего напряжения с учетом распределенной генерации;
- подходы к регулированию напряжения в условиях большой доли PV-генерации в распределительных сетях.

II. Внедрение инфраструктуры для подзарядки электромобилей в энергосистему (7 докладов). Были затронуты следующие вопросы:

- новые стратегии и общие тенденции в развитии систем для EV, включая объединение с информационно-коммуникационными системами;
- бизнес-модели и стандартизация инфраструктуры для EV;
- экономический анализ затрат для различных вариантов подзарядки EV, также совместимости оборудования;
- вопросы негативного воздействия EV на электрическую сеть, создание Smart Charging как наилучшего решения в долгосрочной перспективе;
- оценка влияния нагрузки от подзарядки EV на распределительные сети и разработка методики определения графика нагрузки на уровне распределения электроэнергии в энергосистеме;
- применение сверхбыстрых подзарядок для EV, требующих использования накопителей энергии для буферизации процесса подзарядки.

III. Электроснабжение сельских и удаленных областей, включая изолированные районы (6 докладов). Были затронуты следующие вопросы:

- обеспечение первичного резерва мощности в изолированных энергосистемах, уязвимых с точки зрения обеспечения постоянства частоты при возмущениях;
- методика определения оптимальной структуры мощностей изолированной энергосистемы для максимизации использования возобновляемых источников энергии;
- система управления в изолированной энергосистеме с высокой долей ветрогенерации.

В ходе заседания активно обсуждались вопросы применения технологий Microgrid, электрификации сельских областей, методологии управления на стороне потребителя, в том числе управление распределенной генерацией и применение накопителей. Было отмечено, что эволюция Microgrid включает особенности развития данной технологии для многих условий применения, в том числе с отражением внутренней специфики – multi-microgrid, milligrid, virtual-microgrid и др. При этом под Microgrid понимается распределительная система, включающая нагрузку и распределенную генерацию (распределенные генерирующие установки, устройства аккумулирования, управляемая нагрузка), которая способна координированно и контролируемо работать как будучи присоединенной к основной энергосистеме, так и в изолированном режиме.

28 августа 2012 г. состоялось заседание **исследовательского комитета D1** «Материалы и разработка новых технологий» (Materials and Emerging Test Techniques).

На заседании было представлено 29 докладов по 3 предпочтительным темам.

I. Диэлектрики и старение изоляционных материалов (11 докладов). Были затронуты следующие вопросы:

- новый метод инженерного расчета маслонаполненных трансформаторов, учитывающий подробную физическую картину разрушения изоляции;
- результаты исследования по оценке остаточного ресурса распределительных трансформаторов низкого и среднего напряжения;

- исследования природных и синтетических жидкостей при различных конфигурациях электродов и их старение, устойчивость к окислению природных эфиров;
- новый тип трансформаторной изоляции на основе минеральных масел с примесью полупроводниковых наночастиц для улучшения стойкости к старению и влагостойкости;
- оценка старения изоляционных материалов, используемых для изготовления твердой изоляции и диэлектрических покрытий и герметизированном оборудовании с элегазовой изоляцией, в том числе функционально-градиентных материалов;
- объединение новых и традиционных материалов для изготовления трансформаторов.

II. Испытания на сверхвысоком напряжении, включая постоянное напряжение (5 докладов). Были затронуты следующие вопросы:

- влияние атмосферных условий на электрическую прочность внешней изоляции при воздействии однополярного колебательного коммутационного импульса положительной полярности;
- процедура измерения объемных зарядов в полномасштабных образцах экструдированных кабелей HVDC;
- известное явление наложения колебательного процесса на испытательный грозовой импульс, связанное с действием паразитных индуктивностей в испытательной установке;
- форма грозового импульса и его соответствие действующим стандартам, методика оценки формы импульса (коэффициента k) с целью определения приемлемой формы волны.

III. Средства диагностики (13 докладов). Были затронуты следующие вопросы:

- управление старением кабелей низкого и среднего напряжения;
- методы, используемые для контроля изоляции силовых трансформаторов измерения восстанавливающегося напряжения (RVM);
- особенности состава и характеристик систем измерения частичных разрядов в оборудовании сверхвысокого напряжения;
- новый метод определения местоположения источника частичных разрядов на основе временных различий радиочастотных волн в сверхшироком диапазоне изменения частоты;
- применение техники измерений на сверхвысокой частоте для контроля состояния газоизолированных систем и силовых трансформаторов;
- контроль процесса образования Cu_2S на медных проводниках в маслах с высоким содержанием серы с помощью метода диэлектрической спектроскопии;
- значение измерения и мониторинга влажности для прогнозирования жизни и условия работы силовых трансформаторов;
- анализ данных по авариям кабелей и определение стрессовых факторов, ведущих к аварии или ускоренной деградации изоляции, использование модели пропорциональных рисков.

В соответствии с представленными в докладах данными, применение нанотехнологий не оправдало ожиданий и не дает сколько-нибудь существенных и бесспорных преимуществ. Наибольший интерес вызвали доклады, связанные с испытаниями систем сверхвысокого напряжения. Важным также представляется вывод о невозможности обеспечить высокую точность измерения напряжения с помощью обычных делителей, что можно рассматривать как прямое указание на необходимость разработки средств измерения, построенных на иных физических эффектах, в частности – оптические измерители на эффекте Поггеля.

30 августа 2012 г. состоялось заседание **исследовательского комитета D2** «Информационные системы и системы связи» (Information Systems and Telecommunications).

На заседании было представлено 22 докладов по 2 предпочтительным темам:

- I. **Распределенные информационные платформы для энергосистем будущего** (17 докладов)
- II. **Объединенные информационные системы для конкурентноспособных рынков** (5 докладов).

В рамках работы комитета были обсуждены текущие организационные вопросы, а также – перспективные сферы исследований, в частности, сервисы и приложения для повышения эффективности работы энергосистем, сокращение издержек, решение вопросов информационной безопасности и др. Отдельно были отмечены наиболее интересные темы для обсуждения:

- Возможность и перспективность применения технологии MPLS для релейной защиты и автоматики.
- Развитие коммуникаций для реализации управляющих команд.
- Применение PLC в измерительных системах.
- Развитие приложений для SMART-GRID.
- Развитие SCADA/EMS/MMS и применение стандартов CIM, архитектурных решений SOA.
- Резервные центры управления.
- Применение МЭК 61850 для управления распределенными источниками энергии.
- Вопросы виртуализации, облачные технологии, мобильные системы.

В **технической выставке** приняли участие все крупные компании, выпускающие электрооборудование, а также комплектующие и приборы для диагностики и мониторинга, в том числе такие крупные производители, как ABB, ALSTOM, SIEMENS, HYOSUNG, TOSHIBA и др.

Среди компаний-производителей трансформаторов особо следует отметить ABB, представившую на выставке свою новую разработку – сухой трансформатор 72,5 кВ (рис. 1). Компанией в настоящее время ведется работа по дальнейшему повышению класса напряжения сухих трансформаторов и созданию сухого трансформатора на класс напряжения 110 кВ.

RHM International (США) представлены трансформаторные вводы конденсаторного типа с твердой изоляцией по технологии RIF (Resin Impregnated Fiberglass), в основе которой лежит применение стекловолокна для изготовления остова, а также трансформаторы тока для наружной установки с твердой изоляцией, выполненные по той же технологии. Особенностью трансформаторов тока является применение U-образной токоведущей части с RIF-изоляцией и конденсаторными обкладками для выравнивания электрического поля.

В выставке также участвовали другие производители комплектующих для силовых трансформаторов.

Отдельного внимания заслуживают стенды компаний, специализирующихся в области высокотемпературной сверхпроводимости, что отражает новое направление в развитии мирового трансформаторостроения. Так, компаний BRUKER (Германия) представлен макет сверхпроводящего токоограничителя индуктивного типа.

Компания SuperPower (США) представила провода на основе высокотемпературной сверхпроводимости второго поколения и технические материалы об опыте их применения.

Также на стенде была размещена информация о выполнении по заказу министерства энергетики США о проекте 2010-2015 гг. по созданию нового сверхпроводящего трансформатора с совмещенной функцией токоограничения. Полная стоимость проекта составляет 21,5 млн. долларов США, из них 10,7 млн. – из бюджета министерства энергетики США. В результате выполнения проекта запланирована разработка трехфазного

трансформатора мощностью 28 МВА на напряжения 69/12,47 кВ, который будет установлен в 2013 г. на пилотной подстанции проекта Smart Grid компании Southern Carolina Edison.



Рис. 1: Макет сухого трансформатора ABB HiDry72 на напряжение 72,5 кВ.



Рис. 2: Стенд компании ENPAY и установка ввода 750 кВ

В разделе кабелей и арматуры к ним на выставке были представлены практически все ведущие мировые производители (ABB, BRUGG AG, Furukawa Electric, PFISTERER и др.). Непосредственно по кабельной тематике свою продукцию также представляли NEXANS,

NKT CABLES, PRYSMIAN EC, SILEC CABLE. Компания Furukawa Electric выставила образец сверхпроводящего кабеля (HTS) на напряжение 275 кВ на основе так называемых проводников второго поколения на основе иттрия.

Из российских производителей по кабельной тематике свою продукцию представил завод «Таткабель» (в составе группы компаний «ИНВЭНТ»). Завод выступил как производитель кабеля на напряжение до 220 кВ и арматуры по лицензии фирмы G&W.

Компания NEXANS (Франция) в числе других продуктов представляла газоизолированный (сухой) кабельный ввод на напряжение 550 кВ, а также подводную кабельную систему постоянного напряжения 200 кВ с интегрированным возвратным проводником.

Фирма NKT Cables традиционно привлекла внимание посетителей к развитию направления CityCable. В частности для уменьшения электромагнитного влияния предложена конструкция с обмоткой всех трех жил лентой из магнитного материала. Также на выставке была представлена конструкция высоковольтного кабеля со сплошной алюминиевой жилой сечением до 2000 мм². Такое техническое решение, по мнению специалистов фирмы, в ряде случаев обладает экономическими преимуществами.

В разделе, посвященном передачам постоянного тока и силовой электронике, выставлялись все основные компании, производящие оборудование для объектов HVDC и осуществляющие сооружение таких объектов (ABB, ALSTOM GRIDS, SIEMENS, HITACHI, TOSHIBA). Также участвовали ряд компаний, производящих отдельные виды оборудования для HVDC – трансформаторы (KONCAR, ENPAY TRANSFORMER COMPONENTS), кабели (BRUGG CABLES, PRYSMIAN), измерительное и испытательное оборудование (FISO Techn., HIGHVOLT, PHENIX Techn., TRENCH и др.), программное обеспечение и системы реального времени для моделирования систем HVDC (MANITOBA HVDC Research Centre, OPAL-RT, RTDS Technologies).

По смежным вопросам необходимо отметить появление новых разработок в области систем и устройств непрерывного контроля состояния оборудования, в частности, трансформаторного. Компания LumaSense, известная своими разработками волоконно-оптических систем измерения температуры обмоток трансформаторов, представила новую серию приборов непрерывного контроля газосодержания масла в трансформаторах SmartDGATM – Gauge (ацетилен C₂H₂, этилен C₂H₄ и влага), Guard (водород H₂, окись углерода CO, ацетилен, влага) и Guide (влага и 9 газов – H₂, CO, CO₂, C₂H₂, CH₄, C₂H₄, C₂H₆, O₂, N₂):



Приборы имеют идентичные чувствительные элементы и отличаются, главным образом, заложенным в них программным обеспечением.

Новые версии приборов контроля газосодержания масла представили и другие фирмы, производящие такое оборудование. GE Digital Energy добавила к своей линейке газоанализаторов дешевый вариант прибора для контроля состояния трансформаторов небольшой мощности – IntellixTM GLA100. Прибор контролирует уровни водорода и окиси

углерода и обеспечивает непосредственную тревожную индикацию на своей передней панели и выдачу контактных сигналов в общую систему сигнализации подстанции при превышении заданных уровней газосодержания.

Фирма BPL Global, выпускающая популярный прибор Serveron TM8, также подготовила недорогую версию датчика содержания водорода и влаги в масле Serveron TM1. Компания Morgan Schaffer добавила к своим датчикам растворённых в масле газов Calisto и Calisto2 два новых прибора – Calisto5 (пять газов) и Calisto9 (девять газов). Фирма MTE к своей линейке датчиков Hydrocal 1001-1005 также добавила новый прибор Hydrocal 1008, определяющий 8 газов. Таким образом, сегодня на рынке представлено широкое разнообразие датчиков растворенных в масле газов, отличающихся количеством определяемых газов, точностью и, соответственно, стоимостью.

В ходе работы 44-й сессии были затронуты практически все направления исследований и технической экспертизы, проводимые в рамках СИГРЭ, в соответствии с тематикой работы исследовательских комитетов. Были поставлены задачи по расширению и качественному улучшению взаимодействия между национальными комитетами, обмену опытом организации их работы в своих странах, расширению регионального сотрудничества. Этой цели должен служить новый официальный сайт, разрабатываемый в соответствии с решением Административного совета.

К стратегической задаче развития отнесена необходимость закрепить за СИГРЭ роль лидирующей международной организации, которая призвана обеспечить техническое обоснование принимаемых на национальном и региональном уровнях решений по развитию электроэнергетики. Добиваться достижения этой цели следует путем популяризации деятельности СИГРЭ в средствах массовой информации, привлечения СИГРЭ к осуществлению технической экспертизы решений, принимаемых нетехническими органами и организациями, расширения круга спонсоров при проведении региональных конференций, симпозиумов и семинаров СИГРЭ. Руководством СИГРЭ предусматривается ряд мер, направленных на повышение качества проводимых исследований, анализа наиболее актуальных проблем, распространения информации о результатах исследований. Последнее выделено в отдельное направление деятельности СИГРЭ.

Следует отметить все более возрастающий интерес профессионального сообщества к деятельности СИГРЭ, несмотря на продолжающийся мировой экономический кризис. Об этом свидетельствует количество экспертов и специалистов разных стран, принявших участие в работе 44-й сессии. Их число превысило 3200 человек. Этот факт свидетельствует о продолжающемся росте интереса к проблемам развития электроэнергетики во многих странах мира.