



Утвержден решением
Президиума РНК СИГРЭ
от 06.10.2014 № 6(11)

Некоммерческое партнерство «Российский национальный комитет Международного Совета по большим электрическим системам высокого напряжения» (РНК СИГРЭ)

109074, Россия, г. Москва, Китайгородский проезд, дом 7, стр.3. ОГРН 1037704033817.
ИНН 7704266666 / КПП 770501001. Тел.: +7 (495) 627-85-70. E-mail: cigre@cigre.ru

45-я сессия Международного Совета по большим электрическим системам высокого напряжения (CIGRE) (Париж, Франция, 24-29 августа 2014 г.)

ОТЧЕТ об участии делегации Российского национального комитета в 45-й сессии и заседаниях рабочих органов CIGRE

Оглавление

| | |
|---|----|
| § 1. Общие сведения..... | 1 |
| § 2. Заседания Управляющего комитета и Административного совета 23.08.2014 | 2 |
| § 3. Церемония открытия Сессии 24.08.2014..... | 2 |
| § 4. Генеральная ассамблея (Общее собрание членов) CIGRE 25.08.2014..... | 5 |
| § 5. Заседание Административного совета в новом составе 26.08.2014 | 5 |
| § 6. Заседание секретарей и представителей национальных комитетов 27.08.2014..... | 6 |
| § 7. Прочие мероприятия | 6 |
| § 8. Пленарные заседания и семинары | 7 |
| § 9. Заседания Исследовательских комитетов | 14 |
| § 10. Краткие предварительные итоги..... | 39 |

§ 1. Общие сведения

С 23 по 29 августа 2014 г. во Дворце конгрессов (Париж, Франция) состоялись мероприятия **45-й пленарной сессии Международного Совета по большим электрическим системам высокого напряжения (CIGRE)**.

В сессии приняли участие делегации более чем 90 стран, а также наблюдатели от крупных международных энергетических организаций, таких как CIGRE, IEEE-PEC, МЭК и др. Общее число делегатов составило более 3 300 человек.

В состав российской делегации вошли более 130 участников – представителей российских электроэнергетических и электротехнических компании, организаций и институтов, а также студенты – члены Молодежной секции РНК СИГРЭ. Делегацию возглавил Председатель РНК СИГРЭ, Председатель Правления ОАО «СО ЕЭС» Б.И. Аюев.

В составы делегаций других стран вошли представители многих крупных международных и национальных электроэнергетических компаний и объединений (ABB, Alstom, Areva, EDF, Elia, ENBW, Endesa, Eni, Fingrid, General Electric, Hitachi, Hydro Quebec, Iberdrola, IEEE Power Engineering, Kansai, KEMA, KEPCO, Mitsubishi, RTE, RWE, Siemens, Statnett, TERNA, TEPSCO, Toshiba, Vattenfall и др.).

§ 2. Заседания Управляющего комитета и Административного совета 23.08.2014

Накануне открытия сессии, 23 августа 2014 г. состоялись заседания постоянно действующих административных органов CIGRE – **Управляющего комитета и Административного совета созыва 2012-2014 гг.**

РНК СИГРЭ на заседаниях представлял член Управляющего комитета и Административного совета от России Председатель Технического комитета РНК СИГРЭ, Почетный Председатель РНК СИГРЭ проф. А.Ф. Дьяков.



На заседаниях рассмотрены вопросы:

1. План реорганизации Центрального офиса (представлен Генеральным секретарем CIGRE, одобрен).
2. Реорганизация информационных продуктов: прекращение перевода на французский язык журнала «Electra» в отсутствие достаточной целевой аудитории (Франция, Бельгия, Канада и страны Африки), создание нового журнала строго технической тематики «Scientifique Electra» для формирования имиджа CIGRE как ведущего издателя рецензируемой высококачественной научно-исследовательской литературы, подбор исследовательскими комитетами 2-3 статей из материалов сессии для первого выпуска «Scientifique Electra».
3. Отчет Председателя Технического комитета г-на Марка Уолдрона (Великобритания): развитие сотрудничества с международными отраслевыми организациями (CIRED, IEC, IEEE и др.), развитие проекта «Зеленая книга» (справочники по всем направлениям CIGRE, содержащие в себе лучшие исследования исследовательских комитетов) совместно с издательством Elsevier, представление на сессии «Зеленых книг» исследовательских комитетов B2 и B1.
4. Выдвижение состава Административного совета нового созыва 2014-2016 гг. для вынесения его на утверждение Генеральной ассамблеи.
5. Обсуждение нового состава Управляющего комитета.

§ 3. Церемония открытия Сессии 24.08.2014

Церемония открытия сессии состоялась 24 августа 2014 г.

В качестве основного докладчика на церемонии выступил г-н Терри Бостон, президент американской компании PJM Interconnection LLC с докладом «Энергосистемы 21 века – надежные, управляемые и гибкие».



Основные тезисы презентации:

1. Ужесточение требований к энергосистемам и методы работы PJM Interconnection в таких условиях;
2. Усиление роли микросетей (microgrids) в структуре распределительных электрических сетей в связи с тем, что в современных условиях после глобальных природных катаклизмов разворачивание микросети и обеспечение ее собственным источником питания возможно значительно быстрее, чем восстановление магистральной сети;
3. Необходимость усиления системообразующей сети посредством линий постоянного тока для передачи электроэнергии на большие расстояния от экологически чистых и экономически выгодных источников в связи с размещением таких источников вдали от зон концентрации потребления;
4. Роль электромобилей и их двойное использование в качестве потребителя в часы минимума нагрузок и в качестве источника энергии в часы максимума при учете небольшого потенциала в настоящее время и его уверенного роста в будущем.
5. Ключевые проблемы, связанные с возобновляемыми источниками энергии (ВИЭ):
 - нестабильность и, как следствие, необходимость создания и применения накопителей электроэнергии;
 - субсидируемость ВИЭ, которая влияет на конкурентоспособность иных источников энергии, не имеющих государственной поддержки.

Официальное награждение членов CIGRE

В ходе церемонии открытия состоялось официальное вручение членам CIGRE высших наград организации, к которым относятся звания «Заслуженный член», «Почетный член», «Активный член научно-технического сообщества CIGRE», «Медаль CIGRE», а также награда «За научную работу»:



- звание «Заслуженный член» ("**Distinguished Member**") учреждено в 1996 году, присваивается индивидуальным членам за долголетнее сотрудничество в технической деятельности CIGRE или участие в работе Национальных комитетов CIGRE; кандидаты представляются Национальными комитетами раз в два года в год проведения Сессии CIGRE, решение о награждении подтверждается Президентом CIGRE;

- звание «Почетный член» ("**Honorary Membership**") предусмотрено Уставом CIGRE, присваивается решением Административного Совета в год проведения Сессии CIGRE индивидуальным членам, занимавшим высокие должности в органах управления CIGRE (Председатель Исследовательского комитета, члены Исполнительного комитета) в знак особого признания и оценки исключительности заслуг перед CIGRE; как правило, количество награжденных ограничивается не более 10 членами каждую сессию;
- звание «Активный член научно-технического сообщества CIGRE» ("**CIGRE Fellow Award**") предоставляется каждые два года не более пяти наград за активное участие в технической работе исследовательских комитетов и лидирующую роль в этой работе (руководитель рабочей группы, член исследовательского комитета или рабочей группы, внесший значительный технический вклад);
- «Медаль CIGRE» ("**CIGRE Medal**") учреждена в 2008 году, вручается раз в два года на церемонии открытия Сессии CIGRE индивидуальным членам (одному либо максимум двум) в знак выдающегося вклада в развитие CIGRE за плодотворную административную либо научно-техническую деятельность; до 2014 г. этой награды удостоены всего 6 человек, в том числе два в 2012 году: бывший Президент CIGRE Мерлин Андре (Merlin André), Франция, и бывший Председатель Исследовательского комитета C1 «Планирование развития энергосистем и экономика» (SC C1 "System Development and Economics") Рей Колин (Ray Colin), Великобритания;
- награда Технического комитета ("**Technical Committee Award**") учреждена в 1993 году, присуждается каждые два года не более чем шестнадцать членам организации Председателем Технического комитета CIGRE за активное участие в технической активности исследовательских комитетов;
- новая награда «За научную работу» ("**Thesis Award**") присуждается студентам и аспирантам за доклад, подготовленный на основе их магистерского или кандидатского диссертационного исследования.



На 45-й сессии CIGRE звание «Почетный член CIGRE» присвоено Председателю Технического комитета РНК СИГРЭ, Почетному Председателю РНК СИГРЭ, проф. А.Ф. Дьякову, что является безусловным признанием заслуг номинанта и российского национального комитета в деятельности организации, а также важности и актуальности научно-технических исследований, проводимых в рамках РНК СИГРЭ.

Звание «Заслуженный член CIGRE» присвоено проф. Ю.Н. Кучерову, (с 2014 г. – представитель РНК СИГРЭ в SC C4 CIGRE), – за долголетнее и продуктивное сотрудничество с CIGRE, активное участие в Исследовательских комитетах и Рабочих группах CIGRE, и проф. Г.С. Нудельману, члену

Президиума РНК СИГРЭ и члену Технического комитета РНК СИГРЭ, – за долголетнее и продуктивное сотрудничество с SIGRE, значительный вклад в деятельность РНК СИГРЭ по тематическому направлению В5 «Релейная защита и автоматика».

§ 4. Генеральная ассамблея (Общее собрание членов) SIGRE 25.08.2014

Генеральная ассамблея (Общее собрание членов) SIGRE 25 августа 2014 г.

Вопросы повестки дня:

1. Утверждение нового состава Административного совета.

В состав Административного совета вошли представители от каждого национального комитета стран, от России – проф. А.Ф. Дьяков.



2. Отчет официального аудитора SIGRE г-на Жана-Жака Джулиана. Подведены итоги финансового положения SIGRE по состоянию на 31 декабря 2012 г. и на 31 декабря 2013 г. Отчет принят единогласно. Г-н Джулиан назначен официальным аудитором SIGRE на второй 6-летний срок.
3. Одобрение увеличения членских взносов на 2015 и 2016 гг.

| | |
|-------------------------|----------------|
| Индивидуальные члены I | 78 €(+ 2,6%); |
| Индивидуальные члены II | 39 €(+ 2,7%); |
| Коллективные члены I | 524 €(+ 3,9%); |
| Коллективные члены II | 257 €(+ 4,0%). |
4. Внесение изменений в Устав SIGRE. Внесены изменения в п. 6 ст. 7 Устава: «На Генеральной ассамблее... каждый коллективный член имеет 6 (шесть) голосов» (ранее коллективный член имел пять голосов).

§ 5. Заседание Административного совета в новом составе 26.08.2014

Заседание Административного совета нового созыва 26 августа 2014

г. От России в заседании принял участие проф. А.Ф. Дьяков.

На заседании рассмотрены вопросы:

1. пере выборы Президента г-на Клауса Фройлиха (Швейцария), казначея г-на Ричарда Бивана (Австралия), Председателя Технического комитета г-на Марка Уолдрона;
2. оглашение нового состава членов Управляющего комитета.
3. выборы представителей административного комитета в Техническом комитете.

Принято решение о проведении следующего заседания Административного совета в августе 2015 г. в Малайзии, следующих заседаний Управ-

ляющего комитета – в декабре 2014 г. в Ресифи (Бразилия) и в мае 2015 г. в Лунде (Швеция).

§ 6. Заседание секретарей и представителей национальных комитетов 27.08.2014

Заседание секретарей и представителей национальных комитетов 27 августа 2014 г.

На заседании от России присутствовали проф. А.Ф. Дьяков и ответственный секретарь РНК СИГРЭ И.Н. Анепкина. Вопросы повестки дня:

1. подведены итоги опроса и отчетов, подготовленных национальными комитетами, отмечена активная работа ряда национальных комитетов, в том числе России и США;
2. Генеральным секретарем SIGRE г-ном Филиппом Адамом представлены предложения:
 - 2.1. создание новой отдельной категории членов SIGRE «Студенты» (помимо индивидуальных членов I и II), членство в новой категории позволит не оплачивать членский взнос и регистрационный взнос на сессию, получить бесплатный доступ к базе научных исследований SIGRE;
 - 2.2. создание новой информационной системы, включая официальный сайт SIGRE, доработка функционирующих информационных систем;
 - 2.3. создание новой системы работы с базой данных членов SIGRE с доступом через интернет, национальным комитетам Австралии, Бразилии и Великобритании предложено провести тестирование пилотного проекта.



§ 7. Прочие мероприятия

В сессии приняли участие 8 российских студентов – члены **Молодежной секции РНК СИГРЭ**, победители и призеры мероприятий Молодежной секции РНК СИГРЭ: Алексей Филатов и Андрей Яблоков (ИГЭУ, Иваново), Анна Сапунова (НИУ МЭИ, Москва), Антон Кудрявцев (СамГТУ, Самара), Михаил Хмелик (НГТУ, Новосибирск), Юлия Зайганова (НИ ТПУ, Томск), Павел Банных (УрФУ, Екатеринбург), Алла Логачева (КГЭУ, Казань).



На сессии совместно Молодежной секции РНК СИГРЭ и немецким молодежным объединением Next Generation Network был организован стенд молодежных организаций с представлением их достижений и анонсов молодежных мероприятий (конференций, олимпиад и др.).

Отдельным мероприятием в ходе сессии являлся молодежный форум, в котором приняли участие студенты и молодые инженеры из более чем

12 стран, в том числе России, Германии, Великобритании, Австралии, Японии, Бельгии и т.д. На форуме выступили:

- Председатель Next Generation Network г-н Андреас Кубис (Германия) с докладом о публикации сборнике наиболее успешных методов организации молодежной работы в отрасли;
- руководитель Оргкомитета Молодежной секции РНК СИГРЭ А.В. Гофман с докладом об особенностях программы «Молодежная секция РНК СИГРЭ»;
- руководитель рабочей группы CIGRE по новой категории членства г-н Крис Джонс (Великобритания) с докладом о введении с 2015 г. новой категории членов CIGRE «Студенты».

Одновременно с сессией в помещении Дворца конгрессов состоялась **техническая выставка CIGRE-2014**.

На выставке была представлена коллективная российская экспозиция (стенд № 282). Экспозиция открылась 25 августа 2014 г. Открывал экспозицию заместитель Министра энергетики Российской Федерации В.М. Кравченко. В ее рамках осуществлялась отдельная «деловая программа» Минэнерго России, которая включала презентацию государственной программы «Энергоэффективность и развитие энергетики», государственной политики в сфере энергосбережения и повышения энергоэффективности, перспектив энергетической отрасли в России, а также рабочие встречи и переговоры с зарубежными партнерами. Организатором «деловой программы» выступило ФГУП «Российское энергетическое агентство» (РЭА).

В числе российских экспонентов выставки: ООО «Энергосервис» (Москва), ООО «ЦЭСР» (Новосибирск), ООО «ЛИСИС» (Москва), ООО «ПМК Сибири» (Красноярск), ОАО «Силовые машины» (Санкт-Петербург), ЗАО «Профотек» (Москва), ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС» (Москва), ООО «НПЦ «Энергоавтоматика» (Москва), ООО «Таткабель» (Республика Татарстан), ЗАО «ЮМЭК» (Челябинская обл., г. Южноуральск) и др.



Ряд коллективных членов РНК СИГРЭ, традиционно представил на выставке индивидуальные стенды о производимой продукции, товарах, работах, услугах и разработанных технологиях. В их числе: ООО «Глобал Инсулэйтор Групп» (Екатеринбург, стенд № 221), ООО «Прософт-Системы» (Екатеринбург, стенд № 334), ОАО «НПО «Стример» (Санкт-Петербург, стенд № 351).

§ 8. Пленарные заседания и семинары

Пленарное заседание «Изменение условий функционирования энергосистем – региональные перспективы» 25 августа 2014 г.

На заседании были представлены презентация Председателя Технического комитета CIGRE г-на Уолдрона и презентации представителей Германии, Западной Африки, США, Индии и региона Азии и Океании.

Вопросы, рассмотренные в презентациях:

1. Председатель Технического комитета: проблемы гармонизации нормативно-технической базы в связи с расширением внедрения ВИЭ и рыночных механизмов, вопросы роли индустриализации в развитии отрасли, векторы развития энергосистемы, свободный и надежный доступ к электроэнергии;
2. Представитель Германии: влияние крупномасштабного внедрения ВИЭ на работу энергосистемы Германии и изменение степени ответственности системных операторов, трудности прогнозирования и планирования графиков работы электростанций на основе ВИЭ, влияние географического фактора на распределение объектов ВИЭ по типу использования первичного ресурса (ветер, солнце), проблемы работы рынка электроэнергии в условиях субсидирования ВИЭ;
3. Представитель Западной Африки: строительство межсистемных связей в странах Западной Африки;
4. Представитель региона Азии и Океании: экономические и экологические аспекты развития энергосистем в странах Азии и Океании, лидерство стран Азии и Океании по степени увеличения потребления электроэнергии по сравнению с другими регионами, разработка плана по строительству межсистемных связей до 2025 г. и модернизации генерирующих мощностей для покрытия роста потребления;
5. Представитель США: изменение структуры генерирующих мощностей энергосистемы США до 2040 г. с выводом из работы неэффективных и выработавших свой ресурс угольных электростанций и увеличением доли сланцевого газа в топливном балансе, запланированное резкое увеличение доли ветровых и солнечных электростанций, прогноз снижения потребления в бытовом секторе благодаря энергосберегающим технологиям, создание в будущем интегрированной энергосистемы на уровнях макро- и микросетей (Macrogrid/Microgrid) с внедрением распределенной генерации, солнечных электростанций, микротурбин, электрического транспорта и накопителей электроэнергии;
6. Представитель Индии: развитие магистральных сетей и межсистемных связей для покрытия быстрого роста генерации и потребления в связи с урбанизацией и расширением промышленного производства, в том числе сетей сверхвысокого напряжения (1200 кВ), сетей постоянного тока (± 800 кВ) суммарной пропускной способностью до 72 ГВт, технологий GIT, WAM и компенсации реактивной мощности, координация планирования развития сетей со вводом до 33 ГВт новых мощностей на базе ВИЭ до 2018 г.

Специальный семинар исследовательских комитетов С2 и С5 «**Крупные аварии: перспективные условия функционирования энергосистем и энергорынков» (Large Disturbances)** 25 августа 2014 г.

Основная тема семинара: взаимосвязь управления энергосистемой при возникновении и ликвидации аварий с работой рынка электроэнергии и оценкой его перспективных характеристик.

Тематика докладов семинара:

1. Аварии в энергосистемах и их влияние на работу рынков электроэнергии:



- 1.1. CEPRI (Китай): аварии в энергосистеме Китая в 2012 и 2013 г. Причиной обеих аварий явились природные явления. В первом случае были отключены четыре линии электропередачи постоянного тока и линия 500 кВ переменного тока между центральной и восточной частью энергосистемы Китая, с общим перетоком около 10 600 МВт. Во втором случае отключились две линии электропередачи постоянного тока и линия 500 кВ переменного тока с общим перетоком около 10 000 МВт и необходимостью отключения 6 генераторов ГЭС Санься. Частота снизилась с 50,005 Гц до 49,82 Гц. Для восстановления частоты был задействован вращающийся резерв мощности. Результаты анализа аварии и последующих расчётов показали, что обе аварии не имели серьёзного воздействия на энергосистему, но могли развиваться по более неблагоприятному сценарию;
- 1.2. PJM Interconnection LLC (США): прохождение зимнего периода 2013-2014 гг. и влияние работы энергосистемы при аномально низких температурах на рынок электроэнергии. Зимой 2013-2014 гг. на большинстве территорий США установились аномально низкие температуры. Разница между фактическим и типовым суточным графиком достигала около 40 000 МВт. Наблюдалось повышение числа отключений генераторов электростанций до 40 ГВт, что составляет 22 % установленной мощности электростанций в зоне PJM. В результате имело место трёхкратное увеличение цен на рынке за МВт/ч по сравнению с показателями, рассчитанными на рынке на сутки вперед. Положение усугублялось увеличением цены на газ. Результаты прохождения зимнего периода показали необходимость в более тесном взаимодействии с рынком, а также установления более жёстких требований для объектов генерации;
- 1.3. Рабочая группа CIGRE C2.21: обобщающий доклад по теме «Уроки аварий в энергосистемах». Рассмотрено 18 аварий в период с 2002 по 2013 г. Для оценки определены критерии анализа (влияние на магистральную сеть и нагрузку потребителей, развитие каскадной аварии, деление сети и др.), а также причины возникновения аварии

(отключение первичного оборудования, ошибка в проектировании, неисправность системы управления и др.). По результатам анализа выявлено, что наиболее часто причинами аварий являлись природные условия. Для каждой из причин аварий предложены меры по минимизации или предотвращению ее воздействия.

2. Меры по обеспечению условий для надежной работы энергосистем:
 - 2.1. Франция, Испания: объединение рынков электроэнергии Франции и Испании с использованием межсистемных связей как эффективная мера по замене процедуры явных аукционов. Национальные рынки Испании и Франции действуют на основе зонального ценообразования. Пропускная способность межсистемных связей между Испанией и Францией составляет около 1 200 МВт и распределяется с помощью явных аукционов при годовом, месячном, на сутки вперед и внутрисуточном графике. Внедрение механизма объединения рынков позволяет решить проблему эффективности использования пропускной способности и сблизить цены;
 - 2.2. ENTSO-E (Евросоюз), TEIAS (Турция): проект по синхронизации энергосистемы Турции с энергосистемами континентальной Европы. Проект реализуется с 2008 г. Для обеспечения устойчивости и управления перетоком в энергосистемах с обеих сторон было установлено оборудование для компенсации реактивной мощности, устройства противоаварийной автоматики, а также автоматика первичного и вторичного регулирования на турецких электростанциях. Продолжаются работы по усилению турецкой электрической сети;
 - 2.3. RTE (Франция): участие ВИЭ в рынке электроэнергии и развитие схем поддержки ВИЭ во Франции. Отмечено планируемое увеличение доли ВИЭ в общем балансе генерации на уровне до 23% в 2020 г. и до 32% в 2030 г. Развитие ВИЭ полностью субсидировано, и собственники генерации на базе ВИЭ не несут ответственность по снижению затрат на производство и обеспечение надежности работы энергосистемы. Для предотвращения этого предполагается разработать обязательства для собственников, в том числе по направлению системному оператору прогнозных графиков работы электростанций на сутки вперед, вовлечение в рынок системных услуг и др.;
 - 2.4. Бразилия: проблемы корреляции необходимости безопасности поставок электроэнергии потребителям, экономических сигналов по изменению цен и политического вмешательства при кризисных явлениях. Анализ развития рынка электроэнергии с 2001 г. показал, что регулируемые тарифы потеряли свою способность отражать текущую ситуацию на рынке. Существует проблема неэффективности ценовых сигналов. Решение этих вопросов должно увеличить эффективность работы рынка;

Выводы по результатам семинара: трудно однозначно выявить взаимосвязь между управлением энергосистемой при возникновении и ликвидации аварий и работой рынка электроэнергии, в том числе в связи с большим различием в рыночных механизмах. В свою очередь, это накладывает определенные ограничения при выработке новых принципов управления энергосистемой и разработке новых технических решений, посвященных анализу развития и способов ликвидации аварийных ситуаций, возникающих в больших энергосистемах по различным причинам, начиная с природных катаклизмов и заканчивая человеческим фактором.

Пленарное заседание ЕРЕЕ (European Partnership for energy and the environment – Европейское партнерство по энергетике и окружающей среде) по вопросам образования в электроэнергетике 25 августа 2014 г. В представленных презентациях рассмотрены проблемы разрыва между теоретической и практической подготовкой кадров. С докладами выступили представители отраслевых компаний и образовательных учреждений Европы, Северной и Южной Америки.



Вопросы, рассмотренные в презентациях:

1. В чём разница между нуждами и ожиданиями компаний и образовательных учреждений? В чём причина разрыва между ними?

Основной причиной разрыва между компаниями и образовательными учреждениями названы тенденции к наличию на рынке труда выпускников со знанием работы конкретных устройств и компонентов, тогда как компаниям требуются специалисты, способные мыслить системно. Существуют трудности в обмене знаниями между компаниями и образовательными учреждениями. В частности, в бразильских университетах ежегодно публикуются множество статей преподавателей и выпускников с новыми методами и решениями, которые не находят применения в компаниях. Вместе с тем, у многих крупных компаний существуют собственные НТЦ, которые частично заполняют разрыв между теорией и практикой.

2. К какому уровню образовательных инженерных программ нужно стремиться? Действительно ли фундаментальные знания более устойчивые и потенциально более эффективные для применения в работе в компании, чем прикладные?

Фундаментальные знания требуются для эффективной интеграции молодого специалиста в коллектив компании и понимания технических аспектов работы компании. Прикладные знания, в свою очередь, важны, но с течением времени необходимы качественные изменения учебных программ, которые не в полной мере соответствуют потребностям со-

временной электроэнергетики, и существует необходимость их периодического обновления.

Для эффективной работы в компании выпускник образовательного учреждения должен одинаково хорошо ориентироваться в экономических аспектах функционирования отрасли и современном программном обеспечении. При этом работники с экономическим образованием должны иметь представления о технических аспектах работы, а специалисты с техническим образованием – об экономических. Необходима корреляция между фундаментальными и прикладными знаниями.

При принятии на работу молодого специалиста компания главным образом смотрит на его навыки работы, способность к принятию гибких решений, к адаптации к изменяющимся условиям и обучению при внедрении новых технологий, а также коммуникабельность. Существует проблема в использовании теоретических знаний, полученных в образовательных учреждениях. И в образовательных учреждениях, и в компаниях ценится знание смежных научных дисциплин.

3. Каково существующее взаимодействие компаний и образовательных учреждений, в частности, при подготовке бакалавриатских и магистерских программ обучения?

В настоящее время реализуется тесное взаимодействие компаний и образовательных учреждений при подготовке программ обучения бакалавров и магистров. Существуют контракты на проведение исследований, партнерские соглашения, соглашения по совместной реализации проектов, спонсирование компаниями университетов и отдельных кафедр, практика внедрения специальных программ в образовательные учреждения с возможностью выплаты персональных стипендий. Отмечены потребность создания интернатуры на базе компаний и, наоборот, набор в преподавательский состав инженеров со степенью кандидата технических наук и выше. В частности, системный оператор Италии TERNА заключил более двадцати договоров и соглашений с ведущими техническими ВУЗами Италии. Другим примером является взаимодействие студентов и аспирантов в рамках IEEE.

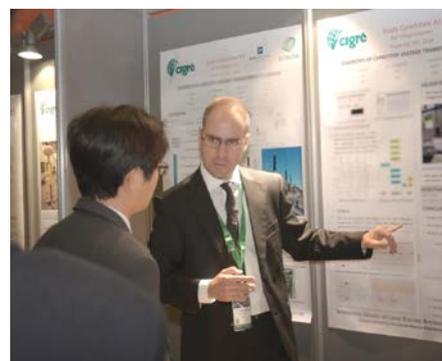
4. Действительно ли сегодня число кандидатов технических наук, ежегодно выпускающихся из образовательных учреждений, велико для удовлетворения потребностей компаний?

Для эффективной работы компаний количество кандидатов технических наук, которые в них заняты, недостаточно, так как с увеличением их числа повышается степень конкуренции и, соответственно, уровень специалистов, что влияет на эффективность и производительность работы компании в целом. Пример Италии показывает, что большинство кандидатов технических наук пополняют преподавательский состав.

5. Должны ли компании быть вовлечены в управление образовательными учреждениями?

Для повышения эффективности образовательного процесса, по мнению участников заседания необходимо участие представителей компаний в формировании образовательной программы ВУЗов, создании программ повышения квалификации. Представительство компаний должно ограничиваться участием в образовательном процессе, а не влиянием на решения руководства образовательных учреждений.

В рамках сессии сделаны **более 500 технических докладов** и 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.



От РНК СИГРЭ на сессию представлены **доклады**:

1. **A2-206:** УШР 500 кВ, 180 МВА новой конструкция и опыт его эксплуатации на ПС Нелым / Л.В. Макаревич, Л.А. Мастрюков, В.Н. Ивакин, В.Д. Ковалев, Н.В. Сульдин (ОАО «Электрострой»);
2. **A2-303:** ВТСП трансформаторы с локализованным магнитным полем / Э.П. Волков, Э.А. Джафаров, Л.С. Флейшман (ОАО «ЭНИН»);
3. **B2-205:** Повышение надежности воздушных линий электропередачи и оптимизация их проектирования при применении проводов нового поколения / Л.В. Тимашова, Е.П. Никифоров, И.А. Назаров, А.С. Мерзляков (ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС»), В.А. Шкапцов (Группа компаний «ОПТЭН»), М.С. Ермошина, Л.И. Качановская, Е.Д. Константинова, П.И. Романов (ОАО «СевЗап НТЦ»), С.В. Колосов (ЗАО «Электросетьстройпроект»);
4. **B3-110:** Первая в России «Цифровая подстанция» 110 кВ, использующая стандарт IEC 61850 (-8-1 и -9-2LE) для измерений, релейной защиты и управления коммутационными аппаратами / С.Г. Попов, Ю.И. Моржин, Ю.В. Коржецкий, М.Д. Ильин (ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС»);
5. **B5-106:** Централизованная система противоаварийной автоматики нового поколения в ОЭС Востока и опыт ее эксплуатации / П.Я. Кац, Л.А. Кошечев, А.А. Лисицын, М.А. Эдлин (ОАО «НТЦ ЕЭС»), А.В. Жуков, П.В. Легкоконец, Е.И. Сацук (ОАО «СО ЕЭС»);
6. **C1-102:** Методика оценки эффективности управления активами электросетевых компаний / В.И. Колибаба, А.А. Филатов (ИГЭУ);
7. **C2-110:** Мониторинг устойчивости и управление генерацией по данным синхронизированных измерений в узлах ее подключения / А.Г. Фишов (НГТУ), А.И. Дехтерев, М.А. Соболева, В.А. Фишов, Д.В. Тутундаева (Филиал ОАО «СО ЕЭС» Новосибирское РДУ);

8. **C4-204:** Новые технологии регистрации токов молнии с высоким разрешением / Э.М. Базелян (ОАО «ЭНИН»), А.В. Шурупов, А.В. Козлов (ФГБУ ОИВТ РАН), А.Н. Чулков (ЗАО «Специальные Энергетические Технологии»);
9. **C6-106:** Особенности интеграции в энергосистему малых распределенных источников комбинированной выработки энергии / Ю.Н. Кучеров, Ю.Г. Федоров, Д.Н. Ярош (ОАО «СО ЕЭС»), П.В. Илюшин (ЗАО «Техническая инспекция ЕЭС») А.З. Жук, Ю.А. Зейгарник, С.А. Некрасов (ФГБУ ОИВТ РАН), Ф.В. Веселов, С.П. Филиппов (ИНЭИ РАН);
10. **D1-207:** Диагностика кавитационных процессов в высоковольтном маслonaполненном электрооборудовании / Л.А. Дарьян (ЗАО «Техническая инспекция ЕЭС»).

§ 9. Заседания Исследовательских комитетов

Заседание **исследовательского комитета А1 «Вращающиеся электрические машины»** (Rotating Electrical Machines) 28 августа 2014 г.

Заявлены 3 предпочтительные темы, представлено 24 доклада.

I. Разработки в области вращающихся электрических машин:

- совершенствование по направлениям проектирования, изготовления, КПД, эксплуатации и технического обслуживания, разработки в области изоляции, производительности машин, охлаждения, надежности подшипников и материалов;
- влияние требований заказчиков и системных операторов на функционирование, проектирование и стоимость машин;
- новые разработки по увеличению номинальной мощности больших генераторов.

II. Управление жизненным циклом генераторов:

- ремонт, замена, улучшение технических характеристик, увеличение мощности. экономическая оценка и влияние сетевых кодексов на решения по реконструкции;
- влияние крутильных колебаний на усталость вала генераторов;
- анализ отказов: определение причин и профилактика, в том числе, роботизированный контроль.

III. Вращающиеся машины для распределенной генерации:

- проектирование, производство, развитие, общие расходы и эксплуатационные проблемы, эффективность, контроль и диагностика;
- воздействие отказов и возмущений в системе на проектирование и стратегии управления машинами;
- эволюция и тренды в машинах для распределенной генерации.

На заседании отмечено, что в последние годы возрос интерес к использованию электрических машин для распределенной генерации. Это, в свою очередь, вызвало большую заинтересованность в оптимизации режимов ра-

боты 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.

Представленные доклады показали существенный прогресс в конструировании, диагностике и продлении ресурса турбо- и гидрогенераторов. Особое значение имеют рассмотренные варианты оптимизации конструкций крепления лобовых частей обмоток статоров турбогенераторов и на обеспечение сервисного обслуживания генераторов.

Отмечен также значительный интерес к непрерывному мониторингу состояния турбогенераторов и, в особенности, к контролю уровня вибраций. Большую важность имеют дальнейшие исследования по непрерывному контролю частичных разрядов в работающих турбо- и гидрогенераторах. Подчеркнута необходимость более широкой пропаганды возможностей применения нового поколения синхронных компенсаторов для обеспечения стабилизации напряжения в энергосистеме, что необходимо при применении парогазовых блоков комбинированного цикла.

Заседание **исследовательского комитета А2 «Трансформаторы»** (Transformers) 25 августа 2014 г.

Заявлены 3 предпочтительные темы, представлено 35 докладов.

I. Передовая практика управления ресурсом:

- опыт онлайн-мониторинга состояния вводов;
- ошибочная интерпретация данных системами мониторинга и повышение надежности оценки состояния оборудования;
- длительная эксплуатация и надежность датчиков систем мониторинга;
- опыт применения и сравнения индексов состояния трансформаторов;
- объем данных, необходимый для оценки индексов состояния трансформаторов;
- проведение анализа поврежденных трансформаторов для получения ценной диагностической информации.

II. Трансформаторы специального применения:

- фактически требуемые параметры фазоповоротных трансформаторов и их сравнение с указываемыми при заказе трансформаторов параметрами;
- требования, которые следует указывать в заказе, чтобы избежать излишне завышенной стоимости трансформаторов;
- воспроизводимость при заводских испытаниях распределения напряжений, соответствующих воздействию переходных перенапряжений в эксплуатации;

- исключение насыщения магнитной системы фазоповоротного трансформатора в эксплуатации;
- требования к быстродействию управляемых и переменных шунтирующих реакторов;
- опыт применения и количество установленных единиц управляемых и переменных шунтирующих реакторов;
- испытания электродинамической стойкости при КЗ генераторных трансформаторов и сетевых автотрансформаторов большой мощности на полномасштабных макетах.

III. Практический опыт использования нетрадиционных материалов и технологий:

- влияние влаги на диэлектрические свойства натуральных эфиров;
- влияние натуральных эфиров на степень полимеризации целлюлозной изоляции;
- возможные риски при включении трансформаторов, заполненных натуральными эфирами, при температуре окружающего воздуха -20°C и ниже;
- допустимое остаточное содержание минерального масла при перекачке трансформаторов натуральными эфирами и характеристики получаемой смеси;
- опыт подтверждения температуры наиболее нагретой точки и потерь в высокотемпературных сверхпроводящих (ВТСП) трансформаторах, вызванных добавочными потерями от магнитного поля в ВТСП-проводниках обмоток;
- электродинамическая стойкость сухих трансформаторов с литой изоляцией обмоток напряжением 69 кВ мощностью 25 МВА и более.

В ходе заседания сделаны специальные сообщения, обобщающие материалы докладов и отражающие современное состояние развития трансформаторостроения. К числу наиболее обсуждаемых вопросов можно отнести повышение надежности эксплуатируемого трансформаторного оборудования, его диагностика, мониторинг, оценка технического состояния и управление ресурсом, применение трансформаторного оборудования специального назначения для ППТ высокого напряжения, новых изоляционных материалов с целью повышения экологической чистоты, взрыво- и пожаробезопасности, «прорывных» решений по активным материалам (применение высокотемпературной сверхпроводимости).

На закрытом заседании А2 были представлены отчеты по работе комитета, обсуждены предпочтительные темы для очередного заседания комитета и коллоквиума А2 (20-25 сентября 2015 г., Шанхай) и для 46-й сессии (август 2016 г.).

Заседание **исследовательского комитета АЗ «Высоковольтное оборудование»** (High Voltage Equipment) состоялось 29 августа 2014 г.

Заявлены 3 предпочтительные темы, представлено 27 докладов.

I. Оборудование для удовлетворения меняющихся условий сети:

- оборудование подстанций переменного и постоянного тока и новые требования;
- оборудование для будущих систем распределения;
- новые требования к проектированию, тестированию и моделированию оборудования.

II. Управление продолжительностью срока службы и старением оборудования передачи и распределения:

- техническое обслуживание, контроль и диагностика оборудования;
- влияние методов управления основными производственными факторами, режимов работы на надежность.

III. Воздействие экстремальных условий эксплуатации на оборудование передачи и распределения:

- экологические стрессы: температура, влажность, землетрясения, ветер, сильный дождь, высота;
- системные нагрузки и чрезмерные нагрузки, например, например, токи короткого замыкания, временные перенапряжения, переходное восстанавливающееся напряжение, повышение рабочего напряжения рабочее напряжение;
- эксплуатационные режимы.

Заседание **исследовательского комитета В1 «Изолированные кабели»** (Insulated Cables) состоялось 27 августа 2014 г.

Заявлены 3 предпочтительные темы, представлено 33 доклада.

I. Отзывы о недавно смонтированных или модернизированных подземных и подводных кабельных системах постоянного и переменного тока:

- технологии проектирования и монтажа;
- вопросы защиты окружающей среды и ослабления действия на нее
- уроки, полученные от лицензирования, разрешения и внедрения

II. Лучшие примеры применения кабельных систем для передачи и распределения:

- оценка состояния и диагностическое тестирование кабельных систем;
- новые методологии и связанный с этим опыт;
- тенденции в стратегии технического обслуживания.

III. Изолированные кабели в электрических сетях будущего:

- высшие уровни напряжения переменного и постоянного тока для кабелей;
- новые функциональные возможности, ожидаемые от кабельных систем;
- технические проблемы длинных кабелей;
- инновационные типы кабелей.

В ходе заседания подчеркнута необходимость разработки дополнительных методик испытаний, в первую очередь, применительно к кабелям с изоляцией из сшитого полиэтилена, работающих в схемах с преобразователями типа VSC-конвертеров, к кабелям с большим (2500-3000 мм²) сечением жил или с жилами, где применяется эмалированные проводники, и к офшорным кабелям, испытывающим динамическую нагрузку. Отмечено, что особое внимание следует уделять дополнительному контролю качества арматуры, по информации испытательного центра КЕМА (Нидерланды), наиболее часто испытания не выдерживает наружная защита муфт, предназначенных для подземной прокладки.

При рассмотрении вопросов, касающихся расчетов режимов работы кабельных линий указана необходимость разработки соответствующих методик для кабелей с броней, для кабелей, предназначенных для прокладки на больших глубинах, и для офшорных подводных кабелей, поскольку график их нагрузки существенно колеблется по времени. Отдельно сделано сообщение PRYSMIAN (Италия) о результатах применения изоляционного термопластичного материала для кабелей среднего и высокого напряжения. В качестве основных тенденций выделены направления по разработке подводных кабелей, особенно для передачи электроэнергии от ВИЭ, по поиску и разработке дополнительных методов испытаний для обеспечения максимальной надежности кабельных линий, по методам испытаний отдельных элементов арматуры кабельных систем, а также по созданию новых кабельных материалов (на среднее и высокое напряжение с термопластичной изоляцией).

На закрытом заседании В1 были представлены заключительные отчеты по работе комитета, принято решение о создании новых рабочих групп и о проведении очередного заседания комитета (31 августа – 2 сентября 2015 г., Кристиансанн, Норвегия).

Заседание **исследовательского комитета В2 «Воздушные линии» (Overheads Lines)** состоялось 29 августа 2014 г.

Заявлены 3 предпочтительные темы, представлен 31 доклад.

I. Минимизация воздействия новых ВЛ:

- проектирование, конструирование и функционирование;
- экология, растительность и живая природа;
- выбор трассы линии и приемлемость внешнего вида;
- проектирование и практика применения переходов к подземным секциям.

II. Надежность и оптимизация проектирования:

- инструменты и методы;
- влияние различных проектных решений на первоначальную стоимость и стоимость жизненного цикла;
- стоимость воздействия на экологию, влияние регуляторов и ответственности.

III. Провода: монтаж и долгосрочное функционирование:

- монтаж, техническое обслуживание и методы замены, в том числе на линиях под напряжением;
- вопросы ползучести и усталости для новых типов проводников;
- механические характеристики новых способов расщепления фаз.

Заседание **исследовательского комитета ВЗ «Подстанции»** (Substations) состоялось 28 августа 2014 г.

Заявлены 2 предпочтительные темы, представлено 34 доклада.

I. Модернизация подстанций в соответствии с требованиями будущего:

- интеграция новых подходов к автоматизации сети на подстанциях передающих и распределительных сетей;
- влияние новых разработок в сети на проектирование подстанций;
- морские подстанции;
- распределительные подстанции низкой стоимости и быстрого развертывания.

II. Управление жизненным циклом подстанций:

- ремонт, реконструкция, расширение и улучшение технических характеристик;
- управление основными производственными фондами, техническое обслуживание, контроль, вопросы надежности и устойчивости;
- управление рисками в проектировании, монтаже и эксплуатации подстанций.

В ходе заседания обсуждены вопросы влияния схем автоматизации на конструкцию ПС и изменение требований к ПС, достоверности данных о надежности оборудования, подходы к замене оборудования на ПС с КРУЭ по окончании срока службы, в частности, в условиях ограничения площади и обеспечения безопасности энергоснабжения, степень надежности и доступность применения систем мониторинга оборудования, управления рисками на стадии проектирования ПС и на стадии реализации проекта.

Рассмотрены вопросы эффективности применения цифровых ПС, особенности конструкции и эксплуатации морских ПС, новые стратегии и практики проектирования ПС, основные проблемы при управлении активами, электропередачи постоянного тока, роль ПО при проектировании ПС и др.

На закрытом заседании ВЗ были представлены отчеты рабочих групп, рассмотрен и утвержден стратегический план, сформированы новые темы

исследований, обсуждены предпочтительные темы для 46-й сессии (август 2016 г.), принято решение о проведении совместного коллоквиума АЗ и ВЗ (Нагоя, 2015 г.).

29 августа 2014 г. в рамках работы ИК ВЗ на сессии состоялся семинар по элегазовому оборудованию, куратором которого выступила компания Siemens. На семинаре обсуждались следующие вопросы: важность применения элегаза, сокращение выбросов, управление скоростью выбросов, анализ элегаза для оценки состояния КРУЭ, ОРУ, оценка остаточного срока службы для КРУЭ.

Заседание **исследовательского комитета В4 «Линии постоянного тока и силовая электроника» (HVDC and Power Electronics)** 28 августа 2014 г.

Заявлены 3 предпочтительные темы, представлено 29 докладов.

I. Системы постоянного тока высокого напряжения и их применение:

- технологии развития, включая сети постоянного тока высокого напряжения;
- подключение возобновляемых источников;
- планирование, охрана окружающей среды и нормативно-правовое регулирование;
- реализация проектов и опыт эксплуатации.

II. Гибкие системы передачи переменного тока (FACTS) и их применение:

- интеграция возобновляемых ресурсов;
- повышение производительности сети;
- планирование проекта, экологические и правовые вопросы;
- реализация проекта и опыт обслуживания.

III. Разработки в области оборудования силовой электроники:

- преобразователи для возобновляемой генерации и накопителей энергии;
- выключатели, контроллеры нагрузки и устройства ограничения тока КЗ;
- новые полупроводниковые устройства и топологии конверторов.

В ходе заседания обсуждены достижения последних лет, в том числе развитие ППТ ± 800 кВ как полностью освоенного элемента энергосистемы, промышленное освоение многоподстанционных ППТ с подстанциями на основе преобразователей напряжения, увеличение единичной мощности преобразователя напряжения до 1 000 МВт, создание эффективного выключателя постоянного тока, широкое использование источников реактивной мощности типа СТАТКОМ в качестве средств управления напряжением и реактивной мощностью в сетях переменного тока. Также поднимались вопросы стандартизации и унификации оборудования.

На закрытом заседании В4 принято решение о проведении очередного заседания комитета (сентябрь 2015 г., Агра).

Заседание **исследовательского комитета В5 «Релейная защита и автоматика»** (Protection and Automation) 29 августа 2014 г.

Заявлены 2 предпочтительные темы, представлено 29 докладов.

I. Новые схемы защит и автоматизации на основе прогрессивных коммуникационных технологий:

- новые схемы защит на основе улучшенных систем связи на уровне нескольких подстанций. В настоящее время выбор алгоритмов защиты и управления определяется с учетом комплексных данных, что, увеличивает необходимость создания одноранговой системы связи между подстанциями. Ячеистая одноранговая логическая топология больше подходит для создания глобальной системы передачи информации, чем радиальная сеть. Компании переходят на использование многоцелевого протокола связи, отказываясь от выделенной сети, для обеспечения защиты оборудования, руководствуясь вопросами сокращения затрат и обслуживания;
- выполнение срочных производственных задач с использованием данных синхрофазоров. Характеристики напряжения, тока и сдвига фаз, полученные с помощью синхрофазора, позволяют повысить уровень защиты и оптимизировать схемы управления;
- анализ устойчивой работы энергосистемы. Помимо быстрого отключения КЗ для обеспечения стабильной работы необходимы предварительная оценка и принятие превентивных мер, выявление отклонений, оценка работоспособности после устранения неисправностей и способы защиты. Улучшение коммуникационных технологий позволяет своевременно обрабатывать данные и принимать соответствующие меры;
- новые схемы защит на основе улучшенных систем связи на уровне одной подстанции. Использование МЭК 61850 и измерительных трансформаторов нового типа приводит к созданию цифровых автоматизированных подстанций;
- грамотное управление и техническое обслуживание объектов. Создание интегрированного центра технического обслуживания энергоустановок позволяет осуществлять поддержку в управлении и эксплуатации линий, кабелей, высоковольтного оборудования, устройств и систем вторичной коммутации, а также координировать проекты.

II. Ожидаемые преимущества стандарта МЭК 61850:

- МЭК 61850 как уникальный стандарт, направленный на взаимозаменяемость на коммуникативном, информационном и инженерном уровнях. Требования заказчиков и системных операторов затрагивают вопрос по спецификации DSAS. Мультивендорные и вендорные устройства, предлагаемые для использования на этапах проек-

тирования, инжиниринга, разработки, испытаний и обслуживания, не являются корректными;

- Стандартизация и профилирование. Для внесения изменений в действующий МЭК 61950 согласно пожеланиям заказчиков необходимо определить устойчивые методики стандартизации и профилирования. Предлагается создание языка описания конфигурации связи на уровне подстанции по МЭК 61850 для обеспечения защиты данных и приводятся преимущества данного метода. Отмечается необходимость улучшения информационной модели МЭК 61850;
- Эргономические средства для конфигурации эффективной мультивендорной взаимозаменяемости как ключевой фактор применения МЭК 61850. МЭК 61850 достиг такого уровня, что развитие коммуникационных технологий уже не является сдерживающим фактором;
- Испытания и обслуживание как факторы, способствующие успешному исполнению требований МЭК 61850 на практике в зависимости от надежности используемых систем. Концепция технической поддержки по эксплуатации и обслуживанию рассматривается как ключевое требование компаний.

В ходе заседания сделаны выводы о важности коммуникационных технологий для улучшения оборудования РЗА, вследствие чего появляются новые устройства защиты и управления, включая систему быстродействующих защит и восстановления. Данные, полученные с помощью синхрофазоров и систем SCADA/EMS с одной или нескольких подстанций, позволяют оптимизировать алгоритмы защиты и управления, значительно улучшить работоспособность системы релейной защиты. На уровне подстанции для защиты в большинстве используются одноранговые или ячеистые системы связи, при этом надежность протокола связи является ключевым аспектом осуществления своевременного контроля и защиты системы. Использование технологических шин в соответствии с МЭК 61850 является хорошим решением, тем не менее, следует учитывать развитие коммуникационных технологий для решения вопроса конфигурирования информации на уровне нескольких подстанций. Синхрофазоры являются оптимальным устройством для создания схемы резервной релейной защиты, выявления участков качаний, секционирования и т.д. Класс точности синхрофазора необходимо учитывать при проектировании системы защит наряду со схемами резервной защиты.

В настоящее время прилагаются усилия по выполнению требований МЭК 61850. Вместе с тем интегрирование стандарта в систему затратно и по времени, и по расходам, так как требует замены подстанционного оборудования. Необходимым условием является создание мультивендорной взаимозаменяемости оборудования в течение всего срока службы. Приветствуются решения, позволяющие облегчить работу обслуживающего персонала и использование инновационных технологий. Конечной целью является совершенствование МЭК 61850, и в этом процессе должны участвовать все заин-

тересованные структуры (органы стандартизации, испытательные лаборатории, продавцы, заказчики и т.д.).

На закрытом заседании В5 рассмотрены предложения национальных комитетов стран, претендующих на право проведения заседания комитета и коллоквиума в 2017 г.

От России выступил член комитета Г.С. Нудельман с предложением Председателя РНК СИГРЭ Б.И. Аюева провести заседание В5 и коллоквиум в Санкт-Петербурге совместно с VI-й Международной научно-технической конференцией «Современные направления развития систем релейной защиты и автоматики энергосистем». Организаторами конференции традиционно выступают РНК СИГРЭ, ОАО «СО ЕЭС» и ОАО «ВНИИР». В качестве обоснования отмечено существование в России крупных научно-технических центров и учебных заведений, осуществляющих глубокие теоретические исследования, в том числе на основе развиваемой в России информационной теории релейной защиты, и обладающих опытом создания и эксплуатации систем противоаварийной и режимной автоматики крупных энергообъединений. Предлагаемая программа предварительно включает технический визит в ОАО «НТЦ ЕЭС», где находится крупнейшая в России действующая электродинамическая модель ЕЭС России. Российская презентация получила высокую оценку присутствующих.

Предложения по проведению заседания В5 и коллоквиума представили также Индия, ЮАР, Австралия, Новая Зеландия и Ирландия. Окончательное решение о выборе места проведения будет принято на очередном заседании комитета и коллоквиуме, который состоится 20-26 сентября 2015 г. в Китае.

Заседание исследовательского комитета С1 «Планирование развития энергосистем и экономика» (System Development and Economics) 27 августа 2014 г.

Заявлены 3 предпочтительные темы, представлено 33 доклада.

I. Совершенствования в системе и производительности активов путем применения передовых методик управления основными производственными фондами:

- примеры методик управления основными производственными фондами;
- повышенная циклическая нагрузка основного оборудования и низкая нагрузка ввиду активного внедрения возобновляемых источников энергии (ВИЭ);
- старение инфраструктуры;
- предоставление потребительской ценности;
- опыт работы с применением существующих и разрабатываемых стандартов управления активами.

II. Новые системные решения и технологии планирования:

- гибкость генерации, нагрузки и средства сетей для обеспечения активного внедрения ВИЭ;
- эволюция энергосистем (Supergrids, Microgrids);
- новые технологии.

III. Надежность инвестиций в электрические сети с увеличивающейся долей ВИЭ:

- управление неопределенностями при принятии решений об инвестировании;
- подтверждение целесообразности инвестирования, оценка инвестиционной привлекательности.

В ходе заседания представлены новые методы комплексной оценки эффективности работы сети, методы управления активами при разработке долгосрочных программ развития электрической сети и реконструкции электросетевых объектов, а также определения условий продления ресурса работы электросетевого оборудования. Особо отмечена проблема ожидаемого массового старения оборудования и превышения назначенного срока эксплуатации оборудования, введенного в период роста электроэнергетики второй половины XX в., необходимости исследования методов оценки состояния оборудования, в том числе путем проведения обследований, а также проблема получения достоверной информации об отказах оборудования, которую можно было бы использовать для принятия решения.

Подчеркивается, что при принятии решений существует проблема поиска баланса между предполагаемыми затратами и возможными репутационными рисками в случае невыполнения мероприятий, которые влияют на принятие управленческих решений.

Рассмотрены принципы работы электрохимического накопителя электроэнергии и его особенности работы в энергосистеме, влияние установки фазоповоротного устройства для улучшения распределения пропускной способности межсистемных связей, а также действие систем защиты электрической сети при анализе надежности электроснабжения. Внедрение новых технологий позволяет оптимизировать загрузку электросетевого оборудования, а также оптимизировать перспективные программы развития электрической сети с учётом эффективного использования ресурсов оборудования.

Повсеместная установка устройств FACTS делает необходимым учёт особенности работы данных устройств в перспективном планировании и развитии электрической сети для учёта гибкой работы энергосистемы при внедрении ВИЭ не только на уровне отдельной энергосистемы, но и на уровне энергообъединения. Представлены варианты учёта устройств FACTS в процессе перспективного планирования и развития электрической сети, а также внедрение ВИЭ в общую концепцию Smart Grid.

Развитие энергосистемы создаёт предпосылки к изменению методологического подхода к её развитию. В этой связи представлены новые методики развития энергосистемы Европы, Южной Африки, Южной Америки и

Индии с учетом влияния новых технологий на развитие электрической сети в период до 2030 (2050) г.

Рассмотрены меры по обеспечению безопасности поставок электрической энергии при строительстве межсистемных связей, влияние увеличения степени внедрения ВИЭ и вывода неэффективного генерирующего оборудования на требования к генераторам ТЭС и АЭС по использованию своих регулировочных способностей.

Активная интеграция морских ветровых электростанций позволяет использовать различные методы проектирования морских электрических сетей, имеющие собственные достоинства и недостатки. В зависимости от этого элементы морской электрической сети способны оказывать услуги по регулированию напряжения, демпфированию низкочастотных колебаний, обеспечению резервов мощности для всей энергосистемы и т.д. С общим изменением структуры энергосистемы и необходимости учёта неопределенности повышаются требования к разработке программного обеспечения по определению необходимости усиления и оптимизации электрической сети для различных сценариев с учётом ВИЭ, Demand Response и возможности регулирования реактивной мощности. Учёт данных факторов направлен на минимизацию инвестиционных затрат на новые электросетевые объекты и реконструкцию существующей сети.

Отмечено влияние внедрения большого числа генераторов на основе ВИЭ на инвестиции в передающую сеть, финансирование данных проектов за счёт тарифа. Также рассмотрены аспекты развития сети постоянного тока для соединения морских ветровых электростанций и их присоединения к энергосистеме.

Многие страны при разработке долгосрочных планов развития энергосистемы (на перспективу до 2050 г.) рассматривают сценарий и возможность обеспечения покрытия 100% нагрузки за счёт электростанций на основе ВИЭ, включая крупные ГЭС. Приведены соответствующие прогнозы в ряде стран мира (Китай, Япония и др.) и связанные с этим проблемы и особенности развития электросетевого комплекса для передачи мощности в основные центры потребления.

Для реализации целей снижения выбросов CO₂ и внедрения ВИЭ необходимо строительство межсистемных связей для обеспечения возможностей купли-продажи электрической энергии, в том числе от удаленных объектов. Рассмотрено развитие сети в Средиземноморье, в частности, перспективы реализации проекта MedGrid (подводные соединения между северной Африкой и южной Европой) и работа энергосистемы Крита совместно с энергосистемой континента.

Отмечено, что перспективное развитие ВИЭ создает определенные ограничения, заключающиеся в трудности прогнозирования генерации ВИЭ и связанных с этим проблемах планирования и управления энергосистемой. Для снятия ограничений необходимо создание улучшенного программного обеспечения, позволяющего сочетать вероятностный подход с большим количеством критериев оценки.

Затронут вопрос синхронизации инвестиционных и перспективных планов развития компаний-собственников передающей и распределительной сети. Определено, что наиболее перспективными технологиями являются преобразователи напряжения, сверхпроводниковые технологии, регистраторы переходных процессов и др.

Продолжает поддерживаться курс на увеличение доли ВИЭ в структуре генерации, что создаёт предпосылки к активному развитию электрической сети, а также формированию новых подходов к определению и учёту эффективности работы существующих электростанций и, прежде всего, электрических сетей, загрузка которых может приобретать сезонный и стохастический характер. Эти факторы позволяют изменить и улучшить подход к управлению активами отраслевых компаний. Вместе с тем, отмечено, что обсуждаемые проблемы являются актуальными на протяжении последних лет и не являются новыми. Для координации планов по реконструкции сети требуется разработка специальных методологий по оценке степени выработки ресурса электросетевыми объектами и принципов принятия решений, учитывающих в том числе такой фактор, как актуальные для ряда компаний репутационные риски. Более интенсивное сооружение ветровых электростанций на морском шельфе требует создания надежной сети постоянного тока и экономической оценки ее строительства и использования.

Заседание **исследовательского комитета С2 «Функционирование и управление энергосистем»** (System Operation and Control) 27 августа 2014 г.

Заявлены 2 предпочтительные темы, представлено 36 докладов.

I. Управление новыми проблемами в оперативном планировании и функционировании электрических систем в реальном времени (24 доклада):

- оперативное планирование режимов и управление энергосистемой в режиме реального времени: анализ устойчивости, мониторинг и контроль параметров режима (уровней напряжения, частоты и т.д.), динамическая оценка пропускной способности линий электропередачи, рынок системных услуг, в том числе оперативные резервы;
- совмещенная стратегия оценивания состояния энергосистемы, которая включает как иерархический, так и распределённый подход (Колумбия);
- развитие программного комплекса, позволяющего выполнять оценку статической и динамической устойчивости в крупных энергосистемах в режиме реального времени, а также классические расчеты установившихся режимов (Бразилия);
- разработки технологий контроля устойчивости, создающих условия для минимизации непредсказуемых последствий возрастания степени интеграции распределительной генерации;
- разработка программной платформы для моделирования и анализа электромеханических переходных процессов с учетом работы устройств защиты и автоматики (США);

- организация динамического управления режимом напряжений, потоков активной и реактивной мощности с применением устройств FACTS и рассмотрением методов оптимального перераспределения мощности (Катар).

II. Возникающие оперативные вопросы во взаимодействии сетей передачи и распределения:

- виды взаимодействия системных операторов и иных инфраструктурных организаций при управлении режимами;
- стратегия превентивного предотвращения перебоев в электроснабжении от крупных ветровых электростанций, основанная на применении компенсаторов реактивной мощности (Китай);
- проблемы системных операторов при обеспечении безопасного энергоснабжения в будущем, альтернативы строительству дорогостоящих линий электропередачи, применение фазопоротных трансформаторов для организации наиболее оптимального потоко-распределения мощности (Англия);
- усовершенствование системы измерений SCADA (Япония);
- изменения в подходах к управлению режимами из-за внедрения ВИЭ, пересмотр требований к информационному обмену, а также условий интеграции ВИЭ (ЮАР);
- интерактивный метод реконфигурации сети, который сочетает в себе алгоритм определения оптимальных потоков мощности и определения оптимальных точек секционирования сети, предотвращающих развитие аварий.

В ходе заседания отмечено, что развитие энергосистем требует от системных операторов пристального внимания к вопросам обеспечения надежного электроснабжения потребителей, методам и скоординированным подходам к более гибкому управлению режимами в реальном времени. Активное развитие альтернативных источников энергии, интеграция новых технологий и, как следствие, повышение нестабильности рынка электроэнергетики и мощности приближают степень использования сетевого комплекса энергосистем к пределам по устойчивости. Прослеживается тенденция поиска системными операторами новых решений и подходов к оценке устойчивости, применению для этих целей систем мониторинга переходных режимов, динамическому рейтингу линий электропередачи и др. Выполнение задачи по надежному электроснабжению осложняется противоречивостью требований обеспечивать одновременно безопасность поставок, учёт экономических интересов различных субъектов отрасли, требований по экологической безопасности и минимизации тарифов на электроэнергию.

В связи с требованиями прекращения или значительного ограничения выбросов CO₂, в настоящее время имеет место активное внедрение ВИЭ и распределенной генерации взамен генерирующего оборудования, работающего на угле и ином органическом топливе. Наблюдается рост негативной

реакции на широкое применение атомной энергии, связанный с авариями на АЭС. Пересмотр существующих подходов к обеспечению энергобезопасности и энергоэффективности направлен на разработку высокоинтеллектуальных технологий.

Заседание **исследовательского комитета СЗ «Влияние энергетики на окружающую среду»** (System Environmental Performance) 29 августа 2014 г.

Заявлены 3 предпочтительные темы, представлено 20 докладов.

I. Экологические последствия технологий накопления энергии:

- оценка экологического влияния с точки зрения развития энергосистемы;
- сравнение технологических альтернатив с точки зрения экологии;
- социальная приемлемость.

II. Обобщенные подходы к обеспечению устойчивого развития передающих и распределительных сетей:

- концепции стратегии комплексного проектирования с участием заинтересованных сторон (закупки, строительство, эксплуатация, вывод из эксплуатации);
- улучшение экологической ситуации ввиду использования новых материалов, оборудования и решений информационных технологий;
- оценка жизненного цикла (LCA), LCA как универсальный инструмент для оценки воздействия влияния на окружающую среду;
- интегрирование ВИЭ в структуру энергосистем;
- подходы к обеспечению устойчивого развития для энергосистемы в целом и для ее составляющих.

III. Оборудование линий электропередачи, расположенных вблизи городских территорий:

- размещение и разрешение на строительство новых воздушных линий, кабелей и подстанций;
- экономическая оценка воздействия на окружающую среду;
- коммуникационные стратегии: роль социальных сетей для заинтересованных сторон и компаний.

В ходе заседания отмечено, что развитие возобновляемых и нестационарных или источников электроэнергии с нестабильным несением нагрузки стимулировало интерес к накопителям электроэнергии, которые в состоянии улучшить баланс производства и потребления в энергосистеме. Накопители особенно важны в изолированных энергосистемах, таких как островные. Таким образом, требуются новые инфраструктурные решения в отношении накопителей, на основе распределенных источников (на основе батарей) или больших накопителей (например, ГАЭС). Каждая технология имеет особые функциональные параметры (длительность хранения, потери, динамические

характеристики) и особенности влияния на окружающую среду. В ближайшие годы потребуются развитие методов оценки влияния различных накопителей на окружающую среду, принимая во внимание общественное мнение.

В настоящее время общественное мнение настроено негативно в отношении систем передачи электроэнергии. Многие локальные организации по всему миру не рассматривают электроснабжение как преимущество в повседневной жизни. Позиция таких организаций часто сводится к тому, что расположенные рядом с ними энергообъекты могут являться потенциальной угрозой здоровью, воздействовать на окружающую среду, особенно вблизи густонаселенных районов. Сходная тема изучается объединенной рабочей группой С3/В1/В2.13, которая занимается исследованием следующих вопросов: каким образом энергокомпании прокладывают новые линии городских территорий и реагируют на предложения по строительству новых объектов вблизи уже существующих линий электропередачи.

На закрытом заседании С3 были обсуждены предпочтительные темы для 46-й сессии (август 2016 г.) и принято решение о проведении очередного заседания комитета (26-28 августа 2015 г., Стреза).

Заседание исследовательского комитета С4 «Технические характеристики энергосистем» (System Technical Performance) 26 августа 2014 г.

Заявлены 3 предпочтительные темы, представлено 32 доклада.

I. Технические характеристики энергосистем в условиях широкого развертывания технологий производства электроэнергии через преобразователи мощности:

- влияние на стабильность и надежность работы энергосистемы большого объема ветровой и солнечной генерации на базе инверторов, а также оборудования постоянного тока высокого напряжения (ветроэлектростанции и вставки постоянного тока);
- воздействие мультитерминальных систем постоянного тока высокого напряжения на эксплуатацию и надежность сетей переменного тока;
- регулирование частоты в энергосистемах с большой долей ветрогенерации;
- влияние ветровой, солнечной и приливной генерации на качество электроэнергии;
- оценка краткосрочных колебаний выработки электроэнергии фотоэлектрическими установками в условиях их широкой интеграции;
- воздействие на электромагнитную совместимость и качество электроэнергии большого числа технологий на основе преобразователей напряжения.

II. Методы и способы оценки воздействия молниевых ударов и координация изоляции:

- оценка и моделирование воздействия молниевых ударов на линии постоянного и переменного тока сверхвысокого напряжения;
- новые технологии и системы регистрации тока молнии;
- защита трансформаторов газоизолированных подстанций от грозовых перенапряжений;
- защита прочих открытых структур, таких как ветровые турбины;
- применение ОПН для защиты от импульсных перенапряжений линий электропередачи напряжением 500 кВ;
- координация изоляции систем переменного тока сверхвысокого напряжения, включая соответствующее моделирование оборудования.

III. Передовые методы, модели и инструменты для анализа технических характеристик энергосистемы:

- применение гибридных инструментов для моделирования энергосистем, применение метода конечных разностей во временной области для анализа электромагнитных переходных процессов;
- характеристика и моделирование геомагнитных индуцированных токов;
- оценка воздействия геомагнитных штормов на энергосистему;
- влияние оборудования прибрежной ветрогенерации на электрический резонанс;
- анализ характеристик функционирования систем с большим количеством протяженных кабелей переменного тока, в том числе гармонического резонанса;
- применение длинных кабелей сверхвысокого напряжения;
- гармонические искажения в кабельной сети высокого напряжения в условиях широкого распространения ветрогенерации.

Заседание **исследовательского комитета С5 «Рынки электроэнергии и регулирование»** (Electricity Markets and Regulation) состоялось 29 августа 2014 г.

Заявлены 3 предпочтительные темы, представлено 27 докладов.

I. Управление рынком, модели и цели развития рынков:

- основная политика, механизмы реализации и юрисдикция;
- аспекты проектирования рынка (жизнеспособность, добровольное против обязательного, одностороннее против двустороннего);
- процесс анализа эффективности рынка и изменения правил;

II. Влияние изменения баланса спроса и предложения на функционирование рынка:

- новые изменения в ценовом реагировании (гибкость спроса и др.);
- бизнес-модели управления спросом для участия на рынке;

- участие потребителя и влияние распределенной генерации на рынки.

III. Интеграция возобновляемых ресурсов с точки зрения рынка:

- извлеченные уроки и оптимизация для интеграции будущих ВИЭ;
- настройка модели рынка для оптимизации управления ВИЭ;
- бизнес-интеграция или портфолио моделей для ВИЭ и альтернативных ресурсов.

В ходе заседания обсуждены проблемы, связанные с существенными объемами электроэнергии, производимыми в настоящее время с использованием ВИЭ, и влияние систем поддержки ВИЭ на рынок электроэнергии. Отмечено, что ввод значительного количества объектов генерации на базе ВИЭ, не имеющих возможность поддерживать гарантированный уровень нагрузки, привели к необходимости привлечения дополнительных ресурсов регулирования для поддержания баланса производства и потребления. В этой связи большое значение приобретает вопрос привлечения потребителей к участию в регулировании, включая участие в первичном и вторичном регулировании. Рассмотрены проблемы технического и методологического характера, связанные с проектированием систем управления спросом и их интеграции в действующие рынки электроэнергии, мощности и системных услуг.

Существенное внимание уделено вопросам интеграции рынков, в частности представлена актуальная информация о ходе реализации проекта интеграции европейских рынков, предусматривающего проведение централизованных расчетов как на рынке на сутки вперед, так и на внутрисуточных. Изучены вопросы взаимодействия энергобирж, регуляторов и системных операторов при реализации данного проекта.

Заседание **исследовательского комитета С6 «Распределительные системы и распределенная генерация» (Distribution Systems and Dispersed Generation)** состоялось 27 августа 2014 г.

Заявлены 3 предпочтительные темы, представлено 30 докладов.

I. Проектирование распределительных сетей с учетом распределенных источников энергии и новых нагрузок:

- изменения структуры электрической нагрузки;
- присоединение к энергосистеме, удаленные энергосистемы, микро-энергосистемы, сети постоянного тока низкого напряжения;
- расширение возможностей размещения распределенных источников энергии и новых нагрузок (электрические транспортные средства и др.);

II. Функционирование и управление распределительными сетями и распределенной генерацией:

- инновации в системах распределения (повышение наблюдаемости, шлюзы для интеграции местных производителей и активных потребителей);

- опыт расширенного внедрения распределенных источников энергии, в том числе динамические явления;
- применение передовых коммуникационных решений.

III. Новые задачи и услуги систем распределения для операторов систем передачи электроэнергии:

- локальное управление энергопотреблением;
- вспомогательные услуги, гибкость услуг.

В ходе заседания рассмотрены вопросы планирования, моделирования нагрузок и генерации, управления режимом распределительной сети, определены возможности распределенной генерации для обеспечения надежности электроснабжения и повышения энергоэффективности. Обсуждена организация взаимодействия системных операторов и сетевых компаний с целью безопасной интеграции распределенной генерации в энергосистему, необходимость новых способов управления (в том числе оперативного) распределительной сетью, создание новых моделей ВИЭ, основанных на вероятностном подходе, и информационной инфраструктуры распределительной сети. Освещены возможности применения агрегированных моделей, совмещающих в себе район нагрузки с локальной генерацией и системой управления, обеспечивающей оптимизацию рассматриваемого района. Управление режимом распределительной сети представлено в контексте управления сетями низкого напряжения: снижение колебаний напряжения за счет оптимизации режимов заряда/разряда накопителей энергии, поддержание напряжения в низковольтных сетях, роль реактивной мощности, создание системы передачи данных от низковольтной сети.

В части оперативного управления и регулирования в распределительных сетях отмечены методы кластерного масштабированного управления, регулирования напряжения распределительной сети, оптимизации режима сети для минимизации потерь активной мощности и повышения надежности электроснабжения. Применительно к накопителям энергии и электромобилям рассмотрены проблемы создания систем управления режимом распределительной сети, которые учитывают возможность изменения режима заряда/разряда накопителей.

По вопросу требований к подключению распределенной генерации и применение радиосвязи для организации РЗА сделан обзор требований к подключению установок распределенной генерации и представлены результаты опробования различных технологий беспроводной передачи для сбора и передачи информации в распределительной сети.

Отмечен опыт Франции по созданию рыночной площадки, где компании конкурируют между собой по предоставлению услуг по снижению потребления/генерации на уровне распределительной сети для выполнения режимных ограничений, а также опыт Германии по организации взаимодействия между системным оператором и распределительными компаниями по управлению потоками реактивной мощности.

По результатам дискуссии подчеркивается, что благодаря увеличению доли распределенной генерации и других экологичных технологий (электро-мобили, накопители энергии) сложность задач, решаемых при планировании и оперативном управлении распределительной сетью, приближается к задачам, стоящим перед системообразующей сетью. При этом вопрос об экономической (рыночной) оправданности создания сложных систем управления распределительной сетью остается открытым. Новые возможности управления распределительной сетью активно обсуждаются и представляются целесообразными. Интересны те рычаги технологического управления, которые может предоставлять распределительная сеть оперативно-диспетчерскому управлению.

На закрытом заседании С6 было принято решение о проведении очередного заседания комитета и коллоквиума (23-30 октября 2015 г., Кейптаун).

Заседание **исследовательского комитета D1 «Материалы и разработка новых технологий»** (Materials and Emerging Test Techniques) состоялось 29 августа 2014 г.

Заявлены 3 предпочтительные темы, представлено 30 докладов.

I. Электрическая изоляция для систем постоянного тока:

- свойства материалов, проблемы использования новых материалов в системах высокого напряжения при постоянном напряжении, включая гибридные ВЛ, сочетающие постоянное и переменное напряжение, материалы для компактных газоизолированных систем, а также изоляцию кабелей постоянного напряжения;
- пространственные и поверхностные заряды и распределение потенциала;
- долговечная функциональность.

II. Новые технологии тестирования и средства диагностики:

- переменный и постоянный ток сверхвысокого напряжения;
- коррекция по атмосферным явлениям, высоте и суровым климатическим условиям;
- разработка новых способов диагностики и методов анализа по управлению активами.

III. Свойства и потенциальное применение новых материалов:

- материалы для систем распределения потенциалов на объекте;
- экологически безопасные материалы;
- сверхпроводящие материалы.

В ходе заседания обсуждены критерии выбора композитных изоляторов для работы в сложных условиях линий электропередачи постоянного/переменного напряжения в связи с необходимостью перевода существующих ВЛ переменного тока класса 380 кВ на постоянный ток для увеличения

пропускной способности. В настоящее время рекомендуемая процедура выбора изоляторов для гибридных линий основана, главным образом, на опыте эксплуатации ВЛ как постоянного, так и переменного тока. Предлагается учитывать соотношение между постоянной и переменной компонентами воздействующего электрического поля. Если определяющим параметром является интенсивность загрязнений, то при доле постоянной компоненты более 10% выбор изоляторов должен выполняться, как при постоянном напряжении. Предложена модель электрических воздействий на изоляторы, возникающих при работе гибридных ВЛ, которая положена в основу разработки процедуры испытаний конструкции и ускоренных испытаний материалов на старение.

Представлено измерение распределения потенциала и заряда вдоль изоляторов различной формы. Указаны преимущества использования материалов, обладающих способностью к перераспределению электрического поля, что может послужить для дополнительного уменьшения размеров газоизолированных устройств. Для замены газовых смесей N₂/SF₆ при постоянном напряжении обсуждается возможность использования газовых смесей, сходных с воздухом.

Отмечены факторы, влияющие на распределение электрического поля вдоль поверхности и внутри твердых изоляторов газоизолированных высоковольтных установок постоянного напряжения. Предложена численная модель, позволяющая предсказывать распределение электрического поля как в стационарном, так и в переходном режиме, которая учитывает экспериментально измеренные параметры твердой и газовой изоляции, а также явления, возникающие на границах раздела.

Рассмотрены требования, предъявляемые к свойствам изолирующих материалов, обеспечивающих надёжную работу кабелей постоянного напряжения при уровне напряжения свыше 320 кВ. Поставлена задача повышения электроизоляционных свойств, а также тщательном анализе их зависимости от температуры и механической нагрузки. Показано, что требуемая при постоянном напряжении низкая проводимость и высокая электрическая прочность могут быть достигнуты при повышении физической и химической чистоты, то есть при уменьшении содержания потенциальных точек внедрения заряда и свободных полярных радикалов, обеспечивающих проводимость, поэтому важную роль играет способ вулканизации и удаления выделяющихся при этом продуктов. Этот подход использован для разработки нового материала для постоянного напряжения, свойства которого сопоставлены со свойствами стандартного сшитого полиэтилена.

Показано, что смачиваемость бумаги, определённая на основании измерения контактного угла с полярными жидкостями (формаид и диiodометан), коррелируется со степенью полимеризации бумаги. Авторы делают вывод, что измерения контактного угла могут быть использованы для определения степени старения бумаги в изоляции силовых трансформаторов.

Сопоставлены результаты измерения влагосодержания в изоляции силовых маслонаполненных трансформаторов, полученные с помощью боль-

шого количества стандартных емкостных датчиков. Результат может быть использован не только для минерального масла, но также для других изолирующих жидкостей, что требует, однако, определения своего коэффициента пересчёта для каждой жидкости.

Выполнено сопоставление статистических данных по оценке влагосодержания с помощью титрования по Карлу Фишеру и по показаниям емкостных датчиков влажности, полученных в эксплуатации на большом числе мощных трансформаторов. Отмечается значительное расхождение уровней влагосодержания, оцениваемых двумя методами.

Проведена оценка модернизированного устройства для лабораторного исследования разложения изолирующих жидкостей под действием ультразвуковой кавитации, с хроматографическим анализом газообразных продуктов. Приблизительно 50% газов, выделяющихся в результате разложения, не идентифицируются, что свидетельствует о необходимости дальнейшего совершенствования оборудования.

Обсуждается влияние, которое оказывает тип бумаги и геометрические факторы на напряжение пробоя при импульсных воздействиях (коммутационный, грозовой) и при переменном напряжении. Сделан вывод, что тип бумаги и форма скругления кромок оказывают незначительное влияние как из-за наличия микропустот, в то время как увеличение длины обмотки усиливает влияние этих параметров.

Метод ранней диагностики водного разрушения изоляции силовых кабелей распределительных сетей («метод остаточного заряда») основан на формировании пространственного заряда в водном триинге под воздействием предварительно поданного постоянного напряжения, и последующим его распадом после заземления. В дальнейшем, с целью освободить остаточный заряд, прикладывается переменное напряжения. В последних работах по развитию этого метода показано, что применение для зарядки и деполяризации импульсов длительностью порядка 1 мкс вместо переменного или постоянного напряжения приводит к повышению чувствительности процедуры, уменьшению длительности измерений и снижению размеров необходимого оборудования. Это позволяет также расширить диапазон испытываемых экструдированных кабелей, включив в него кабели с экструдированными полупроводящими слоями, а также кабели для присоединения газоизолированного оборудования. Отмечена также корреляция между величиной остаточного заряда и электрической прочностью при переменном напряжении.

Представлено новое испытательное оборудование и методика надёжной оценки параметров изолирующего масла, основанная на экспериментальных данных и оценке уровня частичных разрядов в силовых трансформаторах УВН. Отдельно рассмотрены испытания комбинацией переменного и импульсного напряжения и приведены результаты экспериментов.

Осуществлена оценка различий в результатах, получаемых при использовании процедур, описанных действующими стандартами МЭК и IEEE и основанными на регистрации действительной формы импульса, а также формы, предписанной МЭК. Требуется дальнейшая работа над действующими

стандартами, относящимися к оценке импульсов коммутационных перенапряжений.

Показано применение новой методики оценки формы импульсов, генерируемых при импульсных испытаниях различного силового оборудования. Подчеркивается, что для всех форм импульсов неприменима точная оценка временных параметров в соответствии с действующими стандартами МЭК.

Результаты измерений на сверхвысоких частотах (СВЧ) сопоставлены с результатами обычных измерения по МЭК 60270. С целью локализации ЧР использовались акустические датчики, подключаемые при возникновении СВЧ сигнала.

Представлен новый метод наблюдения ЧР, основанный на контроле за распространением электромагнитных волн с помощью многочисленных СВЧ датчиков. Методика локации поддерживается компьютерным моделированием и доказана на практике с помощью новой системы СВЧ мониторинга ЧР на примере трансформатора 154 кВ.

Описана калибровка и указана неопределённость свойств высокочастотных трансформаторов тока в качестве датчиков при нестандартных измерениях ЧР в высоковольтных кабелях. Используя предложенный метод измерения ЧР, для различных типов ЧР при различных характеристиках ВЧТТ показана неопределённость получаемых результатов.

Показано применение широкополосной антенны и компактной системы для измерения ЧР в диапазоне частот 0.1-100 МГц. При полевых испытаниях на результаты измерений оказывает влияние положение антенны и удаление от места измерений.

Представлены новые результаты, касающиеся учёта высокой влажности (до 25 г/м³) при пробое воздушных промежутков. Выполнен анализ корректирующего коэффициента при высокой влажности для импульсных напряжений, с использованием новых экспериментальных данных, полученных в естественных условиях при абсолютной влажности от 7 до 25 г/м³.

Описано применение модели погодных условий для оценки ESDD в условиях высокой загрязнённости. Предложена и опробована в четырёх различных местах модифицированная модель ветра. Описаны результаты проверки моделирования ESDD в различных странах.

На основании исследований, выполненных на высоте до 5000 м, предложена коррекция электрической прочности наружных промежутков по атмосферным условиям и высоте. Результаты представляют интерес как при выборе воздушных промежутков и чистой изоляции, так и при выборе изоляции в условиях загрязнений.

Обсуждена возможность применения стандарта МЭК 61788-3 для определения критического тока в высокотемпературных сверхпроводниках (ВТСП) второго поколения. На основании выполненных экспериментов сделано положительное заключение. Необходимы специальные меры предосторожности при монтаже и пайке проводников, также как при выборе величины и длительности тока и при измерении напряжения, в особенности, если ленты ВТСП не стабилизированы медью.

Представлены результаты исследований миграции влаги между целлюлозой и пропиткой в изоляции, состоящей из нейтральной стабилизированной бумаги, погружённой в натуральное масло. Выполнены исследования термического старения в лаборатории, а также в течение 30 месяцев на реальном трансформаторе с размещёнными в нём образцами бумаги. Периодически определялись влагосодержание и кислотность масла. Одновременно определялась степень полимеризации, механические свойства и инфракрасный спектр образцов бумаги. Полученные результаты показывают сильное уменьшение уровня частичных разрядов в нейтральной бумаге по сравнению с термостабилизированной бумагой, хотя в обоих случаях не было обнаружено никакого свидетельства химического взаимодействия бумаги с пропиткой.

Показано влияние наночастиц слабопроводящего TiO_2 в сильно составленном минеральном масле на его напряжение пробоя. Добавление частиц существенно снижает уменьшение пробивного напряжения при переменном напряжении после старения. В то же время имеет место увеличение импульсного напряжения пробоя на 30-40%, а также уменьшение скорости продвижения стримеров. Представлена попытка объяснения наблюдаемых эффектов с помощью изучения поведения объёмного заряда в масле. Применение техники электроакустических импульсов и термической деполяризации показало значительное уменьшение скорости распада.

Сопоставлены воздействия потоков воздуха с песком, промышленных загрязнений (цемент и удобрения), а также погружения в концентрированную кислоту на потерю водоотталкивающих свойств силиконовых изоляторов.

Рассмотрены возможности ограничения использования SF_6 в высоковольтном оборудовании, суммированы результаты исследований различных фторсодержащих молекул, выполненные за последнее время. Добавка 20% флюоронитрила (fluornitrile) к CO_2 позволяет получить пробивную напряжённость, сопоставимую с напряжённостью в чистом SF_6 при используемых в настоящее время давлениях. При этом показатель парникового эффекта смеси (GWP) составляет 2-3 % по отношению к чистому SF_6 . Физические, дугогасительные и тепловые свойства этой газовой смеси также удовлетворительные.

Представлены попытки определить оптимальное соотношение газовых составляющих (N_2 , O_2 , CO_2 , Ar) для использования в качестве газовой изоляции выключателей. На основе анализа макроскопических разрядных характеристик изучены различные концентрации N_2 и O_2 в бинарной смеси. Показана возможность увеличения пробивной напряжённости таких смесей на величину порядка 5% при увеличении содержания O_2 .

Описана возможность замены терморепактивных смол на термопластичные при изготовлении изолирующих элементов в газоизолированных выключателях. В качестве кандидата на замену рассматривается полиэтилен-терефталат (PET). Основанием для этого служат исследования его механиче-

ских, электрических и тепловых характеристик, а также опыт эксплуатации герметизированного оборудования класса 72 кВ.

Представлены результаты интенсивных исследований по разработке материалов для распределения электрического поля с различной диэлектрической проницаемостью (ϵ) для изготовления изоляторов газоизолированных систем (ГИС). Эффект перераспределения электрического поля был достигнут путём центрифугирования опорных и дисковых изоляторов после добавки различных окислов металлов в качестве наполнителя на различных стадиях изготовления эпоксидной отливки. Применение таких изоляторов позволит лучше контролировать распределение электрического поля вдоль изолятора, то есть увеличить напряжение перекрытия и уменьшить эффект старения силовых аппаратов. Также предложена концепция управления распределением электрического поля вдоль изоляторов ГИС путём нанесения на поверхность изолятора тонкого слабопроводящего слоя с точно контролируемой проводимостью и длиной.

Заседание **исследовательского комитета D2 «Информационные системы и системы связи»** (Information Systems and Telecommunications) состоялось 28 августа 2014 г.

Заявлены 3 предпочтительные темы, представлено 24 доклада.

- I. *Информационные технологии и телекоммуникации для интеграции распределенных источников энергии.*
- II. *Обеспечение надежной эксплуатации ИТ в условиях развития.*
- III. *Направления развития и управления телекоммуникационными сетями предприятий электроэнергетики.*

На закрытом заседании D2 были обсуждены отчеты рабочих групп и национальных комитетов, вопросы подготовки отчета о работе комитета, роспуска и создания рабочих групп, подготовки «Зеленой книги» комитета по информационной безопасности и результатов исследований, рассмотрены план публикаций, программы очередного заседания комитета и коллоквиума в 2015 г. и 46-й сессии (август 2016 г.). Отмечено активное участие D2 в разработке концепции «Сети будущего» и работа по направлениям обеспечения катастрофоустойчивости ИТ в электроэнергетике, повышению производительности ИТ, обеспечению безопасности ИТ, расширению функциональности и поддержке интеллектуальных сетей, распределенной и возобновляемой генерации. Особое внимание уделено проработке публикаций по развитию SCADA/EMS систем и их интеграции с технологиями Smart Grid, вопросам стратегического развития ИТ инфраструктуры для предприятий электроэнергетики (переход на облачные технологии)

Были представлены и обсуждены отчеты:

- IEC TC57 “Power System Management and Associated Information Exchange”;
- IEEE Power Engineering Society “Power System Communication Committee” (PSCC);

- IETF “Internet Engineering Task Force”;
- W3C “World Wide Web Consortium”;
- IEEE Power Engineering Society “Substation and PSRC”.

§ 10. Краткие предварительные итоги

В ходе работы 45-й сессии были затронуты практически все направления исследований и технической экспертизы, проводимые в рамках CIGRE, 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 должна служить, прежде всего, модернизация и оптимизация официального сайта CIGRE.



К стратегической задаче развития отнесена необходимость закрепить за CIGRE 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 CIGRE в средствах массовой информации, привлечения CIGRE к осуществлению технической экспертизы решений, принимаемых нетехническими органами и организациями, расширения круга спонсоров при проведении региональных конференций, симпозиумов и семинаров CIGRE. Руководством CIGRE предусматривается ряд мер, направленных на повышение качества проводимых исследований, анализа наиболее актуальных проблем, распространения информации о результатах исследований. Последнее выделено в отдельное направление деятельности CIGRE.

Следует отметить все более возрастающий интерес профессионального сообщества к деятельности CIGRE, несмотря на продолжающийся мировой экономический кризис. Об этом свидетельствует количество экспертов и специалистов разных стран, принявших участие в работе 45-й сессии – более 3300 делегатов и более 8500 посетителей технической выставки. Этот факт свидетельствует о продолжающемся росте интереса к проблемам развития электроэнергетики во многих странах мира.