



**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
студентов по линии Молодежной секции в составе делегации Российско-
го национального комитета в 45-й сессии и заседаниях рабочих органов
CIGRE**

С 24 по 29 августа 2014 года во Дворце конгрессов Парижа (Франция) прошла 45-я сессия CIGRE. В составе российской делегации приняло участие более 120 специалистов, экспертов, ученых, руководителей ведущих компаний российской электроэнергетики.

Впервые в составе российской делегации в мероприятиях сессии участвовали 8 российских студентов, победителей и призеров мероприятий Молодежной секции РНК СИГРЭ. В числе молодых представителей 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). Студенты участвовали в 45-ой сессии CIGRE без оплаты регистрационного взноса. Такая льгота предоставлена центральным офисом CIGRE для России впервые в качестве признания вклада РНК СИГРЭ в развитие форм и мето-



дов работы с молодежью и поощрения активности молодых людей, выбравших для своей профессиональной судьбы электроэнергетику.

На 45-й сессии CIGRE совместными усилиями Молодежной секции Российского национального комитета СИГРЭ и германского молодежного объединения Next Generation Network был представлен стенд молодежных организаций, посвященный успешным практикам молодежных движений в электроэнергетике ведущих стран. На стенде также размещены анонсы предстоящих молодежных мероприятий в 2014 – 2015 годах: конференций, олимпиад и т.д.



В числе предстоящих мероприятий международного уровня, организуемых Молодежной секцией РНК СИГРЭ, находится олимпиада «Электроэнергетика – 2014» на базе ИГЭУ (Иваново) и конференция [«Электроэнергетика глазами молодежи – 2014» на базе НИ ТПУ \(Томск\)](#).

В рамках работы молодежного стенда был представлено издание [«Вестник РНК СИГРЭ», специальный выпуск № 5](#) на английском языке, с материалами [Международной олимпиады по теоретической и общей электротехнике «Электротехника – 2014»](#), прошедшей 22 - 24 апреля 2014 года в ИГЭУ (Иваново) среди студентов электротехнических и электроэнергетических специальностей.



Российские студенты приняли активное участие в заседаниях рабочих комитетов по различным направлениям развития энергетики: А3 «Высоковольтное оборудование», В2 «Воздушные линии электропередач», В3 «Подстанции», В4 «Электропередачи постоянным током высокого напряжения и силовая электроника» (наиболее популярная секция среди участников сессии), В5 «Релейная защита и автоматика» и др. По результатам участия в работе секций студенты подготовили доклады для профильных кафедр своих вузов о перспективах развития электроэнергетики и актуальных направлениях развития исследований, опыте зарубежных коллег.



Познавательными, яркими и запоминающимися для наших студентов стали встречи с руководителями российской делегации на 45-й Сессии CIGRE:



Дьяковым Анатолием Федоровичем, член-корр. РАН, д.т.н., проф., Почетным Председателем РНК СИГРЭ, Президентом Корпорации ЕЭЭК, Председателем НТС ЕЭС, Председателем РНК МИРЭС, Президентом МЭА;



Аюевым Борисом Ильичом, д.т.н., Председателем РНК СИГРЭ, Председателем Правления ОАО «СО ЕЭС».

Для молодых людей, начинающих свой профессиональный путь, такие встречи с опытными и авторитетными наставниками, внесшими значительный вклад в научное и производственное развитие российской электроэнергетики, имеют высокое воспитательное значение.

Одновременно с мероприятиями 45-й сессии CIGRE традиционно состоялась Техническая выставка “CIGRE 2014”, на которой были представлены передовые разработки известных компаний – производителей оборудования, материалов, технологий для энергетической отрасли, таких как Siemens, ALSTOM, ABB, Hitachi, Toshiba, RTE, Shneider Electric и др.



Представители делегации ИГЭУ на технической выставке наладили контакты с крупными компаниями электроэнергетике по вопросам льготного, а в некоторых случаях безвозмездного оснащения учебных лабораторий ИГЭУ передовым электротехническим оборудованием.

В ходе запланированной экскурсии молодые участники РНК СИГРЭ посетили штаб-квартиру французской сетевой компании RTE, познакомились с передовыми разработками в области моделирования энергетических систем на высокопроизводительных системах реального времени. Кроме того, в ходе экскурсии каждый из участников смог попробовать себя в роли управляющего рынком электроэнергии Франции путем специальной смоделированной компьютерной программы.

Специальным молодежным мероприятием, предусмотренным программой 45-й Сессии CIGRE, явился молодежный форум, в котором приняли участие студенты и молодые инженеры из более чем 12 стран. Наиболее многочисленные молодежные делегации были представлены от России, Германии, Великобритании, Австралии, Японии, Бельгии.



На форуме выступили:

- председатель NGN Андреас Кубис (Германия) с информацией о сборнике лучших практик по организации молодежной работе в электроэнергетике, созданном совместными усилиями молодежных объединений России, Германии, Великобритании, Японии, Австралии и Нидерландов;
- руководитель Оргкомитета Молодежной секции РНК СИГРЭ А.В. Гофман с презентацией о программе «Молодежная секция РНК СИГРЭ», признанной наиболее успешной международной отраслевой молодежной программой по линии CIGRE;
- руководитель рабочей группы CIGRE по новой категории членства Крис Джонс с информацией о введении в CIGRE с 2015 года новой категории членства “Student Members”, которая позволит студентам получить бесплатный доступ к базе научных исследований CIGRE и льготные условия регистрации на мероприятия CIGRE.



В ходе форума обсуждались различные вопросы международного сотрудничества студентов и молодых инженеров в области электроэнергетики.

Важным вопросом, предложенным к обсуждению российской делегацией, стал вопрос цитируемости журнала *Electra*, регулярного печатного издания CIGRE. Участниками форума принято решение о создании отдельного регулярного издания *ELECTRA SCIENCE*, которое будет иметь индекс цитируемости. Соответствующее предложение будет вынесено на рассмотрение ближайшего заседания Административного совета CIGRE. В издании *ELECTRA SCIENCE*, в том числе, будут публиковаться лучшие материалы, отобранные по результатам международных молодежных мероприятий по линии CIGRE, в том числе Молодежной секции РНК СИГРЭ.

Также обсуждались вопросы сотрудничества и развития международного молодежного научно-технического и студенческого обмена, в том числе участия студентов разных стран в олимпиадах и конференциях международного уровня, обмен опытом по организации научно-технического творчества студентов, способы привлечения студентов в научные исследования. Для

РНК СИГРЭ значительным достижением в этом направлении стали достигнутые договорённости об участии Высшей школы электрики Франции Supélec в олимпиаде «Электроэнергетика – 2014», которая состоится в ноябре 2014 г. на базе ИГЭУ (Иваново). Представители Технического Университета Дортмунда (Германия) выразили заинтересованность принять участие в олимпиаде «Электротехника – 2015», которая состоится в марте 2015 г. в НИ ТПУ (Томск). Встречное предложение получили и российские студенты – принять участие в международной конференции в Дортмундском Университете в январе 2015 г.

Участие студентов российских технических вузов в 45-й сессии CIGRE является хорошим примером активного международного молодежного сотрудничества, установления контактов и развития научно-технического обмена в отраслевой молодежной среде, и имеет важное значение для повышения авторитета России в международном профессиональном электроэнергетическом сообществе.

- Приложения:
1. Отчет аспиранта УрФУ Банных П.Ю., на 6 л.
 2. Отчет магистрантки НИУ ТПУ Загайновой Ю.П. на 9 л.
 3. Отчет магистранта СамГТУ Кудрявцева А.С., на 5 л.
 4. Отчет аспирантки КГЭУ Логачевой А.Г., на 11 л.
 5. Отчет аспирантки НИУ МЭИ Сапуновой А.А., на 10 л.
 6. Отчет аспиранта ИГЭУ Шадрикова Т.Е., на 6 л.
 7. Отчет аспиранта ИГЭУ Яблокова А.А., на 6 л.
 8. Отчет студента НГТУ Хмелика М., на 5 л.

Руководитель Оргкомитета
Молодежной секции РНК СИГРЭ



А.В. Гофман

Приложение 1
к отчету об участии студентов по линии Молодежной секции в составе делегации Российского национального комитета в 45-й сессии и заседаниях рабочих органов CIGRE

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Кафедра «Автоматизированные электрические системы»

ОТЧЕТ

Аспиранта Банных П.Ю. об участии в 45-й Сессии
СИГРЭ в г. Париж, Франция, 24-29 августа 2014 г.



Технические (дискуссионные) заседания исследовательских комитетов и рабочих групп проходили с 26 по 29 августа 2014 г. во Дворце конгрессов.

В течение четырех дней делегатам предоставлялась возможность посетить 16 различных заседаний. На этих заседаниях обсуждались доклады, представленные по всем предпочтительным темам, отобранные техническим комитетом СИГРЭ для презентаций. Из всех работ, полученных от авторов по всему миру, технический комитет СИГРЭ выбрал 465 работ. Обсуждение основано на «специальных докладах», представленных авторами работ.

В ходе секции были посещены технические заседания, связанные с моей научной и профессиональной деятельностью.

26 августа 2014 г. были представлены доклады секции D2 «Информационные системы и телекоммуникации». Деятельность секции призвана содействовать и способствовать прогрессу техники и международному обмену информацией и знаниями в области информационных систем и телекоммуникаций для электроэнергетических систем.

Предпочтительные темы данной секции объединены по 3 направлениям, включавшим следующие вопросы :

- 1) Информационные и телекоммуникационные технологии для присоединения распределенных энергетических ресурсов:
 - средства управления, мониторинга, безопасности и надежности;
 - использование существующих стандартов, вопросы совместимости и кибербезопасности;

- условия эксплуатации, установки для технического обслуживания оборудования, вопросы монтажа и технического обслуживания.
- 2) Поддержка работоспособности при меняющихся внешних условиях:
 - применение виртуализации к операциям в энергосистеме и восстановления после сбоев;
 - сервис «облачных» вычислений, надежность и безопасность;
 - влияние операционных систем на ИТ: практика и опыт.
- 3) Направления в управлении коммуникационными сетями предприятий:
 - коммуникационные сети для интеллектуальных энергосистем (Smart Grid) и управление услугами;
 - развитие систем функциональной поддержки;
 - безопасность коммуникационных систем и систем управления.

В ходе работы секции обсуждались проблемы сбора информации с распределённых источников энергии, независимо от их формы и мощности. Основными сложностями в решении данных задач являются сильная географическая рассредоточенность распределённых источников энергии и принадлежность генерирующего и сетевого оборудования различным владельцам. Эти два аспекта означают, прежде всего, что в информационных и телекоммуникационных технологиях им нужно покрывать большие географические районы, иногда очень мелкозернистой сеткой. Кроме того, коммуникационное решение объединяет деятельность двух организаций, для чего могут потребоваться обеспечение дополнительной совместимости и реализация особых требований к безопасности.

Важность хорошо функционирующих ИТ-систем для защиты, управления и контроля электроэнергии не вызывает вопросов. Достоверность оперативных ИТ-систем не должна сокращать общую надежность системы электроснабжения. Учитывая все более широкое использование ИТ-систем во все более сложной конфигурации энергосистемы, надежность ИТ-систем становится всё труднее прогнозируемой и управляемой. Собственные процессы обеспечения качества должны быть применены во время проектирования и эксплуатации ИТ-систем для того, чтобы не ставить под угрозу общую надежность системы. Процесс обеспечения такого качества должен быть адаптирован к изменяющимся условиям, в которых используются новые системы.

27 августа 2014 г. были представлены доклады секции С2 «Функционирование и управление энергосистем». Секция включала в себя вопросы, связанные с необходимостью управления энергосистемой в соответствии с требованиями безопасности и качества электроснабжения. Предпочтительные темы данной секции объединены по 2 направлениям, включавшим следующие вопросы :

- 1) Управление энергосистемой в оперативном планировании и в реальном времени:
 - анализ устойчивости, мониторинг и управление (контроль частоты и напряжения, устойчивость фазового угла);

- использование допустимой нагрузки линии и динамических характеристик;
 - источники энергоснабжения, включая оперативный резерв.
- 2) Оперативные вопросы, возникающие при взаимодействии передачи и распределения:
- интерфейс передачи, распределения и потребления;
 - центры управления и интерфейсы оператора рынка;
 - обучение и подготовка операторов;
 - понимание и информированность в вопросах эксплуатации;
 - необходимость моделирования и обмен данными;
 - управляемость распределенной генерации;
 - регулирование спроса.

В ходе работы секции сделаны следующие выводы:

системные операторы сталкиваются с изменяющимися условиями ввиду увеличения проникновения распределённых источников энергии, непостоянства на свободном рынке электроэнергии, интеграции новых технологий и необходимости повышения гибкости и возможностей контроля;

наблюдается рост интереса к динамическим явлениям и возможности для оценки и мониторинга динамического поведения энергосистемы, например через WAMS;

требуют дальнейшего обсуждения вопросы создания новых моделей энергосистем для повышения качества анализа динамической устойчивости энергосистемы; оценка динамической устойчивости дает возможность повысить максимально допустимые перетоки по линиям;

совместимость сетевых моделей для выполнения различных видов анализа становится более важной.

28 августа 2014 г. были представлены доклады секции С6 «Распределительные системы и распределенная генерация». Основной сферой интересов секции является оценка влияния широкого внедрения распределённой генерации на структуру и эксплуатацию магистральных и распределительных систем. Также в рамках данной секции рассматриваются вопросы электрификации сельских районов, управления энергопотреблением со стороны потребителя, включая управление распределённой генерацией, и использование накопителей.

Предпочтительные темы данной секции были объединены по 3 направлениям, включавшим следующие вопросы:

- 1) Проектирование распределительных сетей с учетом распределенных источников энергии и новых нагрузок:
- присоединенные к энергосистеме, удаленные ЭЭС, микроэнергосистемы, сети постоянного тока низкого напряжения;
 - расширение возможности размещения распределенных источников энергии и новых нагрузок, таких как электрические транспортные средства;
 - влияние изменений структуры электрической нагрузки.

- 2) 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 т.ч. динамические явления);
 - применение передовых коммуникационных решений.
- 3) Новые роли и услуги систем распределения электроэнергии для операторов систем передачи электроэнергии:
 - локальное управление энергопотреблением;
 - вспомогательные услуги, гибкость услуг.

В рамках данной секции показано, в какой степени распределённая генерация может влиять на развитие энергосистем в странах с различиями по уровню развития, обеспеченности природными ресурсами и структуре энергосистем. Были представлены интересные потенциальные возможности для улучшения бесперебойной работы и энергоэффективности. Освещены вопросы регулирования напряжения в низковольтных сетях и показано влияние реактивной мощности. Представлена структура для моделирования распределённой генерации, которая учитывает разбиение по времени с достаточной степенью детализации.

29 августа 2014 г. были представлены доклады секции В5 «Релейная защита и автоматика». В рамках данной секции охватываются вопросы разработки, применение и управления защитами, управление подстанциями, автоматика, мониторинг и регистрация, в том числе связанные с ними внутренние и внешние системы связи на подстанции, измерительные системы для удаленного управления и мониторинга. Предпочтительные темы данной секции были объединены по 2 направлениям, включавшим следующие вопросы :

- 1) Новые схемы релейной защиты и автоматики, основанные на расширенных коммуникационных возможностях:
 - алгоритмы защиты и автоматизации и их реализация;
 - преимущества новых схем защиты и автоматики;
 - использование расширенной связи и оперативной информации для улучшения обслуживания другого оборудования;
 - улучшение технического обслуживания и эксплуатации защиты и автоматики со схемами удаленного конфигурирования и тестирования.
- 2) Ожидания заинтересованных сторон от МЭК 61850:
 - ожидания пользователей, поставщиков и системных интеграторов, связанные со стандартом МЭК 61850;
 - обязанности, роли и необходимый уровень знаний о МЭК 61850 для системных интеграторов, пользователей и поставщиков;
 - рекомендации для инструментария, обучения, стандартизации, документации и обмена информацией среди пользователей, системных интеграторов и поставщиков о решениях в отношении МЭК 61850.

Данная секция для меня представляла наибольший интерес, потому что связана с моим направлением научной деятельности в аспирантуре и планами развивать направление РЗА на кафедре.

По итогам работы секции были сделаны следующие выводы: схемы защит и автоматики можно значительно улучшить, используя современные возможности телекоммуникационных систем. Для целей защит и контроля состояния энергосистем стали использоваться децентрализованные сети связи между подстанциями. Надежные и соответствующие требованиям сети связи это ключевое решение для задач защит с жестким временным режимом. Использование единой шины процессов (МЭК 61850) для ряда подстанций является хорошим решением, но производительность систем связи должна учитывать конфигурации информационных систем нескольких подстанций. Векторные измерения оказываются наиболее важным видом распределённой информации, которая позволяет улучшить схемы резервных защит, схем обнаружения качаний, автоматики деления энергосистемы. Механизмы согласования резервных защит так же должны быть пересмотрены, ввиду новых возможностей новых систем связи.

МЭК 61850 это стандарт, нацеленный на совместимость коммуникационных, информационных и инженерных систем. Усилия должны быть направлены на улучшение применения стандарта МЭК 61850, чтобы ускорить получение ожидаемых эффектов. Участие всех вовлеченных в работу над стандартом необходимо для достижения этой амбициозной цели.

В период сессии с 25 по 29 августа 2014 г. во Дворце Конгрессов проходила Техническая выставка «CIGRE 2014». На выставке были представлены продукты электротехнической промышленности и передовые технологии со всего мира. Программа выставки включала показы и демонстрации многих ведущих мировых производителей, снабжающих энергосистемы новейшими технологиями. Выставка предоставляет возможности прямого общения с экспертами отрасли и изучения всего спектра программных решений для управления энергосистемами.

Ввиду того, что мои персональные научные интересы находятся в области релейной защиты и автоматики энергосистем, я использовал возможности технической выставки для общения с представителями компаний в данной отрасли и знакомства с их новейшими концепциями и предложениями. Помимо широко представленных в России производителей (ABB, SIEMENS, ALSTOM), интерес представляли фирмы TOSHIBA, sprecher-automation, NR Electronic.

На технической выставке компания Electrocon international incorporated представила программный продукт «Computer-Aided Protection Engineering». В силу моей деятельности в сфере автоматизации проектирования для меня представило большой интерес знакомство с программным комплексом, предназначенным для проектирования систем РЗА, чтобы самостоятельно сравнить его возможности с отечественным APC CP3A.

Особое внимание на технической выставке я уделил знакомству с программным обеспечением для анализа переходных процессов в системах с распределёнными источниками энергии и вставками постоянного тока, представленным канадской компанией «Manitoba HVDC Research Center». Разработка алгоритмов для анализа переходных процессов в таких системах является одним из важных аспектов моей диссертации.

Частью технической выставки был стенд молодых членов CIGRE, который представлял из себя площадку для общения и создания международных контактов среди молодых членов CIGRE разных стран. За время работы сессии там была уникальная возможность пообщаться в неформальной обстановке с членами молодежной секции из Германии, Англии, Австралии и Японии. Обсуждались особенности образования в области электроэнергетики в этих странах. Также обсуждались особенности построения энергосистем и основные направления исследований в странах, представленных на молодежной секции. Стоит отметить, что отечественная проблематика в электроэнергетике значительно отличается от западной и японской.

Участие в 45-й сессии CIGRE дало мне возможность ознакомиться с актуальными проблемами современной мировой электроэнергетики. Знакомство с последними достижениями электротехнической промышленности в рамках выставки – это уникальный опыт, который поможет моей научной и профессиональной деятельности.

Приложение 2

к отчету об участии студентов по линии Молодежной секции в составе делегации Российского национального комитета в 45-й сессии и заседаниях рабочих органов CIGRE

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

ОТЧЕТ

Магистрантки ЭНИН Загайновой Ю.П. об участии в 45-й Сессии СИГРЭ в г. Париж, Франция, 24-29 августа 2014 г.



Технические заседания исследовательских комитетов и рабочих групп проходили с 26 по 29 августа 2014 г. во Дворце конгрессов и были основаны на «Специальных докладах», которые содержали основную информацию, а также вопросах, заданных в ходе подготовки к дискуссии.

26 августа 2014 г. состоялось заседание исследовательского комитета **С4 «Технические характеристики энергосистем»**. Для заседания были выбраны 3 предпочтительные тематики, охватывающие широкую область исследования: качество электроэнергии, электромагнитная совместимость и помехи, координация изоляции и численные методы.

1) Технические характеристики энергосистем с появлением большого количества преобразователей (15 статей). Были рассмотрены следующие вопросы:

- Влияние на устойчивость и надежность энергосистемы наличие большого количества инверторов на основе ветровой и фотоэлектрической энергии, и большого количества HVDC (ветровые электростанции и межсистемные ЛЭП);

- Влияние ветровой, фотоэлектрической и приливной генерации на качество электроэнергии;

- Электромагнитная совместимость преобразователей напряжения и их воздействие на качество электроэнергии.

2) Методы и технологии для оценки грозовых разрядов и координации изоляции (7 статей). Были рассмотрены следующие вопросы:

- Оценка грозовых разрядов на линиях переменного тока сверхвысокого и ультравысокого напряжения и линиях постоянного тока;

- Защита открытых конструкций, таких как ветровая турбина;
- Координация изоляции для систем переменного тока сверхвысокого и ультравысокого напряжения, включая адекватное моделирование аппаратуры.

3) Передовые методы, инструменты и модели для анализа технических характеристик энергосистемы (10 статей). Были рассмотрены следующие вопросы:

- Характеристика и моделирование токов, наведенных геомагнитным полем;
- Анализ характеристик энергосистем с большим количеством протяженных кабелей переменного тока, как возможность для гармонического резонанса.

На секции рассматривались методы и инструменты для анализа характеристик энергосистем, особое внимание уделялось динамическим и переходным режимам и к взаимодействию между энергосистемой и оборудованием, подсистемами. В область исследования секции С4 не входили вопросы, связанные с проектированием и производством компонентов и устройств.

27 августа 2014 г. были представлены доклады секции **С2 «Функционирование и управление энергосистем»**.

Секция включала в себя вопросы, связанные с управлением объединенной энергосистемой в соответствии с требованиями к безопасности и качеству электроснабжения.

Для дискуссионных обсуждений были приглашены докладчики по следующим предпочтительным темам:

3) Управление энергосистемой в оперативном планировании и в реальном времени (24 статьи). Были рассмотрены следующие вопросы:

- Анализ устойчивости, мониторинг и управление (контроль частоты и напряжения, устойчивость фазового угла)
- Использование допустимой нагрузки линии и динамических характеристик;
- Источники энергоснабжения, включая оперативный резерв.

4) Оперативные вопросы, возникающие при взаимодействии передачи и распределения (12 статей)

- Интерфейс передачи, распределения и потребления;
- Центры управления и интерфейсы оператора рынка;
- Обучение и подготовка операторов;
- Понимание и информированность в вопросах эксплуатации;
- Необходимость моделирования и обмен данными;
- Управляемость распределенной генерации;
- Регулирование спроса.

Задачей современной электроэнергетической системы является поставка электрической энергии по низкому тарифу, удовлетворяющей требованиям надежности, безопасности и экологических ограничений.

В условиях постоянно развивающейся электроэнергетической системы требуется все больше внимания к оперативной оценке безопасности, новым методам, более гибким и приближенным к реальному времени подходам к управлению энергосистемой.

В ходе заседания было отмечено, что внедрение возобновляемых источников энергии, интеграция новых технологий влияет на стабильность работы передающей сети. В представленных докладах для решения этих проблем реализуются такие решения как динамическая оценка надежности (Dynamic Security Assessment), устройство векторных измерений (Phasor Measurement Units) and система мониторинга широкой зоны действия (Wide Area Monitoring Systems), динамический рейтинг линии (Dynamic Line Rating), управление рисками и оценка (Risk Management and Assessment). В соответствии с технологией динамического рейтинга при благоприятных метеорологических условиях токовые нагрузки увеличиваются и снижаются при неблагоприятных. Применение технологии динамического рейтинга предполагает оценку максимально допустимой пропускной способности линии с учетом её реального технического состояния, а также метеорологических параметров, получаемых в режиме реального времени и определения наименее благоприятных условий для охлаждения проводов по всей длине трассы ВЛ.

28 августа 2014 г. состоялось заседание исследовательского комитета В4 *«Линии постоянного тока и силовая электроника»*. Для сессии было отобрано 28 статей, которые представляли актуальную информацию о схемах HVDC и FACTS, разрабатываемых и планируемых к строительству, либо уже находящихся в эксплуатации.

Предпочтительными тематиками являлись:

- 1) Электропередачи постоянного тока (HVDC) – оборудование и область применения;
 - Развитие технологий HVDC;
 - Подключение возобновляемых источников энергии;
 - Планирование проекта, экологические и правовые вопросы;
 - Реализация проекта и опыт эксплуатации.
- 2) Гибкие электропередачи переменного тока (FACTS) – оборудование и область применения;
 - Внедрение возобновляемых источников энергии
 - Увеличение производительности сети
 - Планирование проекта, экологические и правовые вопросы;
 - Реализация проекта и опыт эксплуатации.
- 3) Развитие электронного оборудования;
 - Конвертеры для возобновляемых источников энергии и накопители энергии;
 - Выключатели постоянного тока, регуляторы перетока электроэнергии и приборы для ограничения токов короткого замыкания;

- Новые полупроводниковые приборы и топология конвертеров.

Увеличение объемов внедрения различных технологий генерации с использованием выпрямителей, в том числе на основе возобновляемых источников энергии усложняет управление работой энергосистемы. В ходе заседаний был отмечен быстрый рост HVDC для передачи энергии на большие расстояния, осуществления межсистемных связей и для подключения к возобновляемым источникам энергии. В сочетании с увеличением использования FACTS устройств для поддержки систем переменного тока работа секции В4 является актуальной для вопросов, стоящих перед системами электропередачи во всем мире.

Наибольший интерес вызвали доклады, связанные с применением СТАТКОМ в энергосистеме, так как темы докладов связаны с темой магистерской диссертации.

В4-305 *Влияние СТАТКОМ на энергосистему острова Чеджу (Effects of STATCOMs on Power System in Jeju Island, E.H. Kim, J.S. Park, J.S. Kim, S.M. Yeo, H.J. Jung, J.Y. Choi, H.J. Yang, S.C. Moon, Jeju National University, Hyosung Co.Ltd., KEPCO, S. Korea).*

Это статья представляет анализ влияния СТАТКОМ на энергосистему острова Чеджу. Энергосистема состоит из ветровой электростанции, двух систем электропередачи постоянного тока (HVDC), тепловой электростанции и двух систем СТАТКОМ. Моделирование производится в программе PSCAD/EMTDC при неожиданном отключении одной системы HVDC. Для сравнения рассматриваются три случая.

- Два СТАТКОМ работают в нормальном режиме;

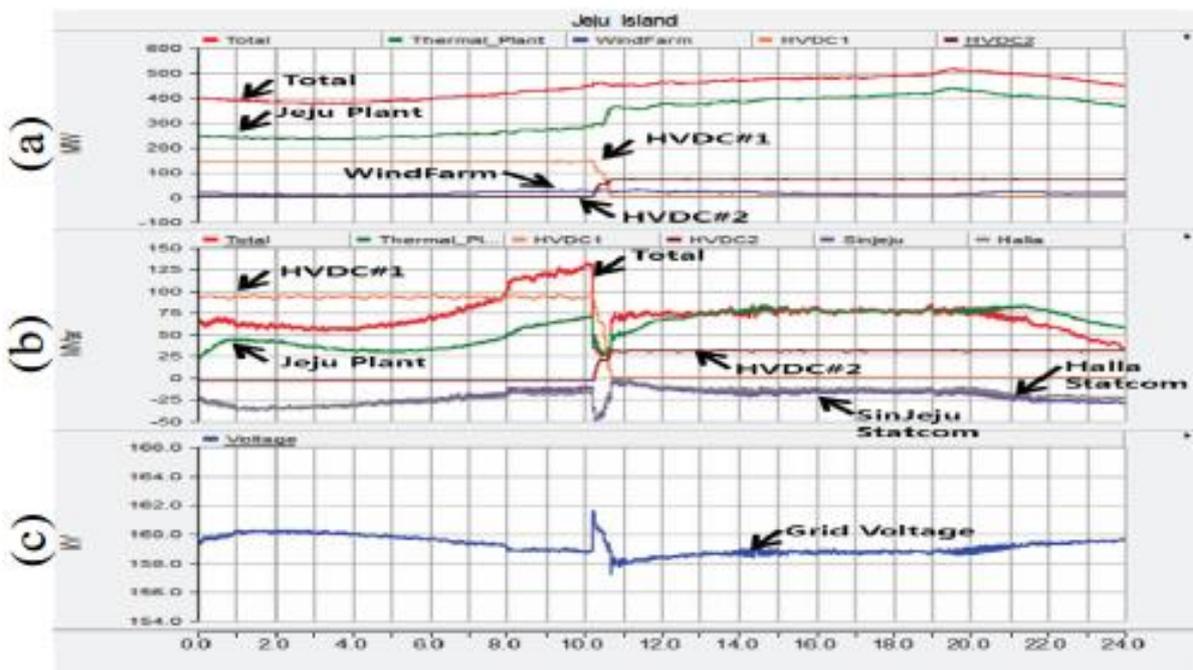


Рисунок 1 – Результаты моделирования

а) активная мощность б) реактивная мощность в) напряжение

- Один СТАТКОМ отключен

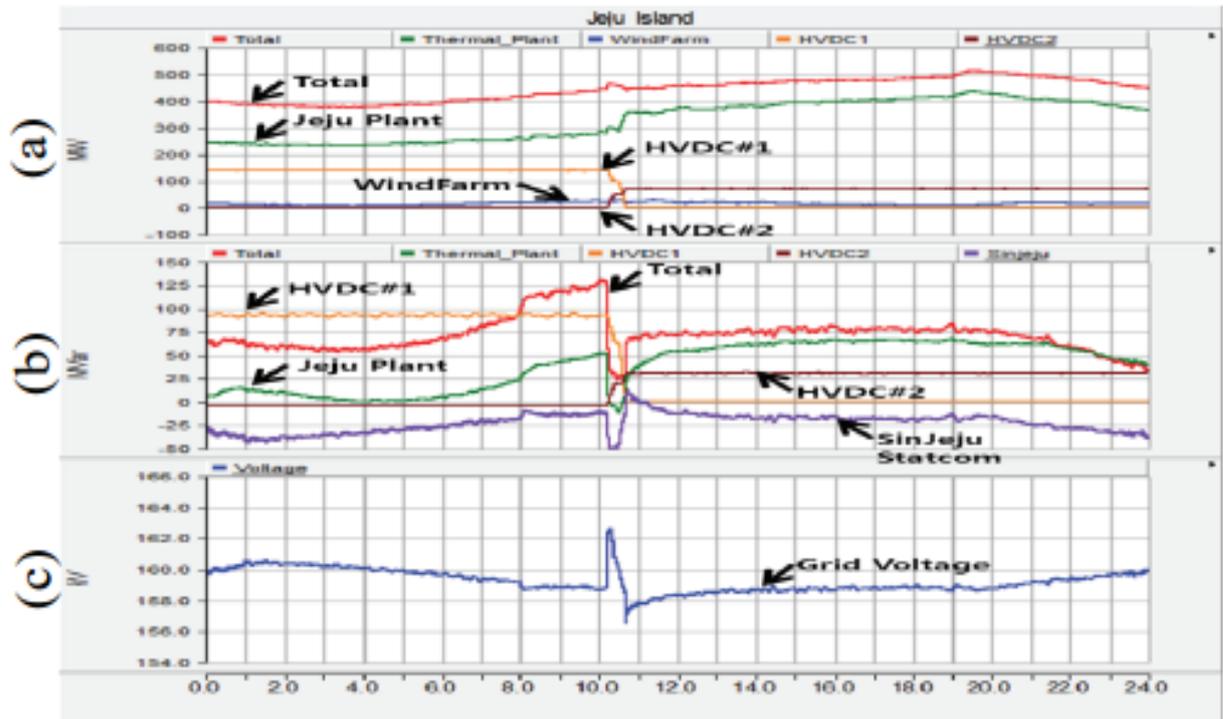


Рисунок 2 – Результаты моделирования
 а) активная мощность б) реактивная мощность с) напряжение

- Два СТАТКОМ отключены

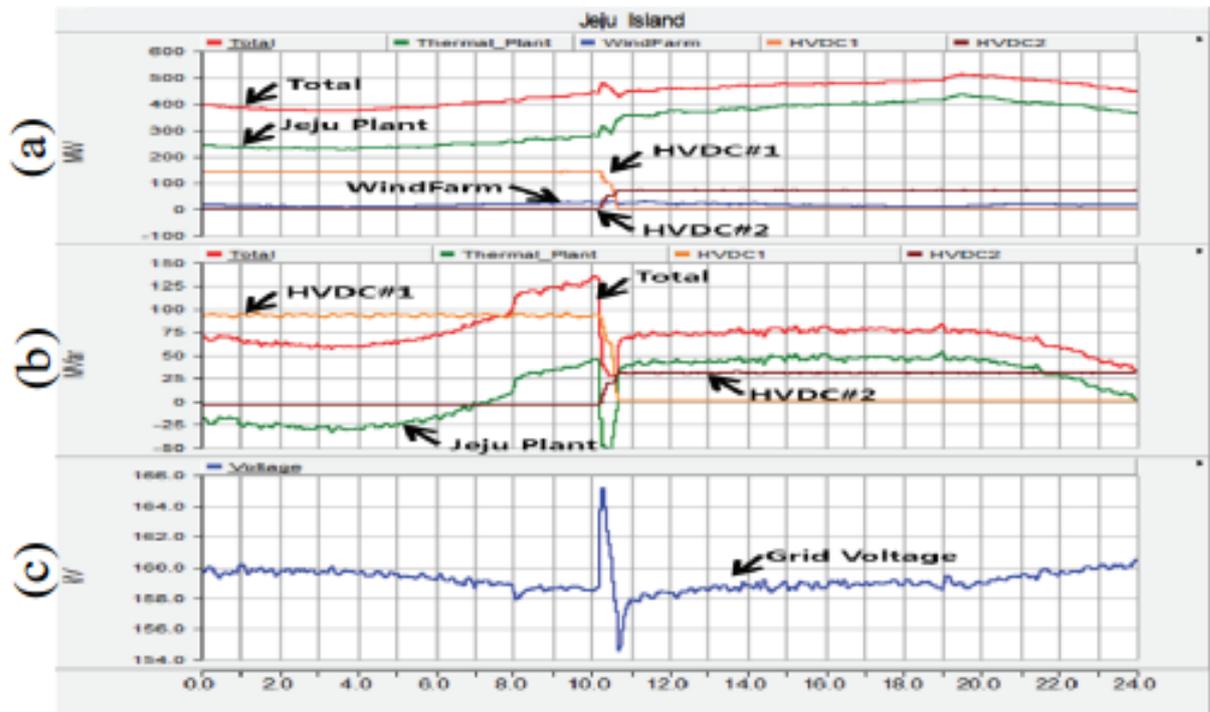


Рисунок 3 – Результаты моделирования
 а) активная мощность б) реактивная мощность с) напряжение

В результате можно сделать вывод об уменьшении колебаний напряжения при наличии СТАТКОМ в энергосистеме. СТАТКОМ регулирует

напряжения благодаря управлению реактивной мощностью. Следовательно, использование СТАТКОМ в энергосистеме острова Чеджио действительно необходимо.

В4 – 204 Заводские и пусконаладочные испытания проекта СТАТКОМ мощностью 450 МВА (Factory test and commissioning test of 450MVA-STATCOM project, T.MATSUDA, H.HARADA, T.SHIMONOSONO – Chubu Electric Power Co., K. TEMMA, T. SHIMOMURA – Mitsubishi Electric Corp., N. MORISHIMA TMEIC Japan)

Компания Chubu Electric Power Co. установила и начала эксплуатацию СТАТКОМ (Статический компенсатор реактивной мощности) мощностью 450МВА (3x150МВА) для улучшения устойчивости и подавления перенапряжения при передаче мощности от недавно построенной тепловой электростанции.

Исследования производились с использованием гибридного симулятора для моделирования в режиме реального времени.

На рисунке 4 представлен СТАТКОМ, установленный на ПС Toshin в Японии.

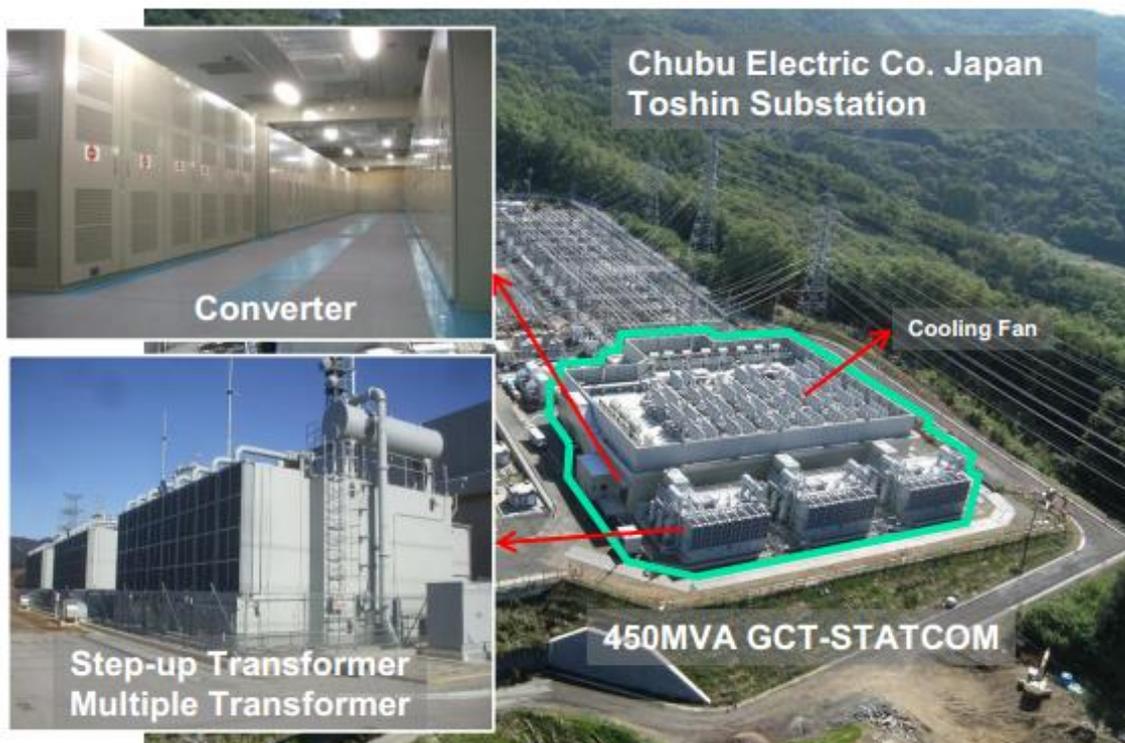


Рисунок 4– СТАТКОМ мощностью 450 МВА
Структурная схема подключения представлена на рисунке 5.

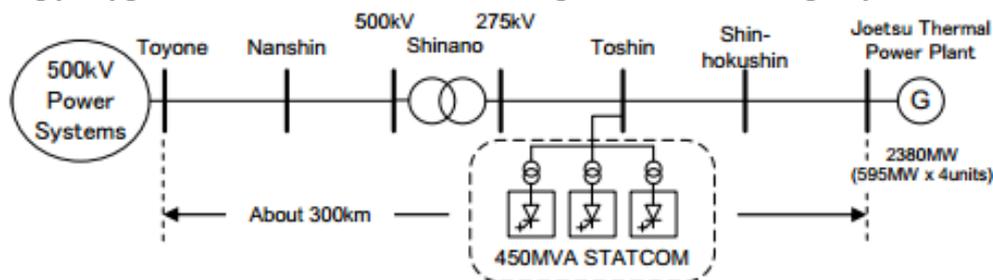


Рисунок 5 – Структурная схема подключения

В статье описываются результаты исследования гармонического резонанса с системой, проверки системы управления и пусконаладочные испытания на полигоне.

Система управления оснащена Автоматическим регулятором напряжения, стабилизатором энергосистемы и управляющим устройством.

Конфигурация симулятора энергосистемы представлена на рисунке 6.

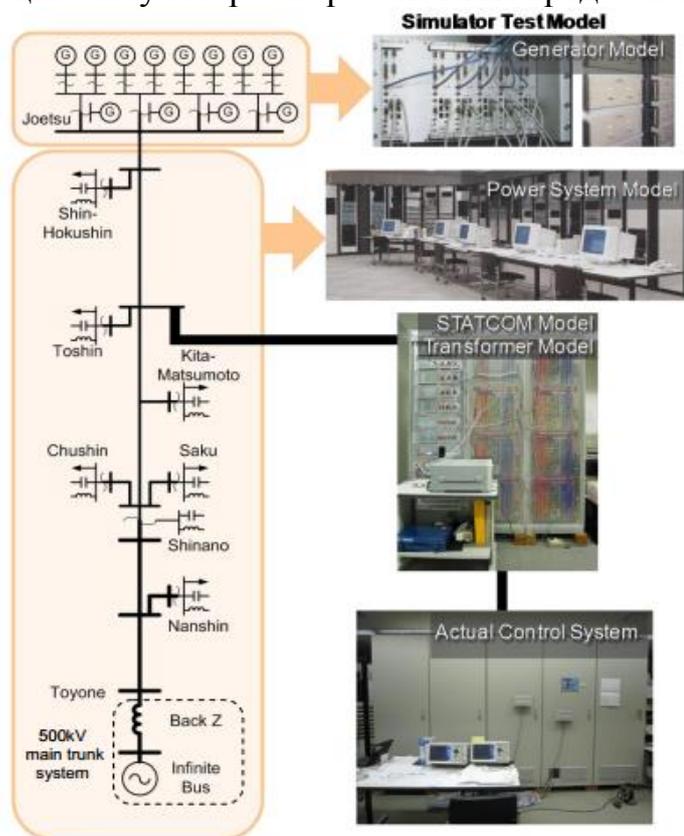


Рисунок 6– Конфигурация симулятора энергосистемы

Расчет и анализ проводились применительно к нарушению установившегося режима, причиной которого явилось: однофазное короткое замыкание на линии электропередачи между электростанцией Joetsu и подстанцией Shin-hokushin.

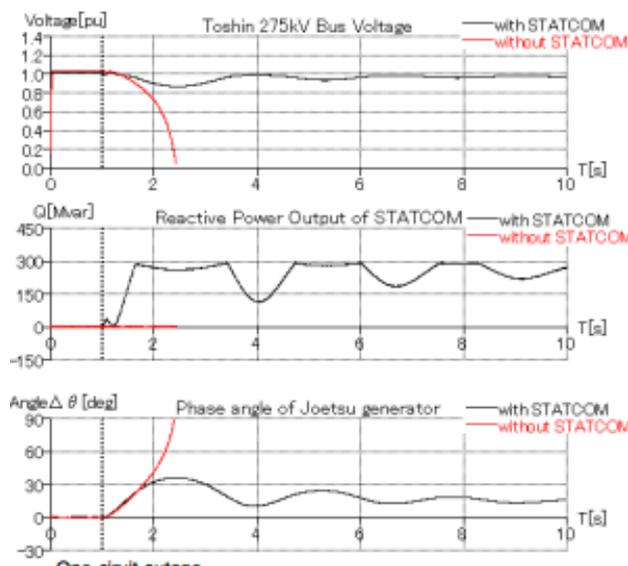


Рисунок – Результаты расчета

Результаты показали целесообразность установки СТАТКОМ для улучшения устойчивости энергосистемы и подавления перенапряжения.

В4 – 203 Динамический компенсатор в энергосистеме Индии – расположение и размер (*Dynamic Compensation in Indian Power system – Siting & sizing J.I. SHEKHAR, S.Y. KISHORE, G. MANJU*).

Проведены исследования для определения степени компенсации и места расположения СТАТКОМ в энергосистеме Индии.

Для проведения анализа и выявления наиболее оптимального расположения СТАТКОМ было рассмотрено 3-х фазное короткое замыкание на разных шинах. Моделирование производилось при наличии и отсутствии СТАТКОМ в энергосистеме.

Местом установки выбраны подстанции, имеющие наибольшее отклонение напряжения и осуществляющие межсистемные связи.

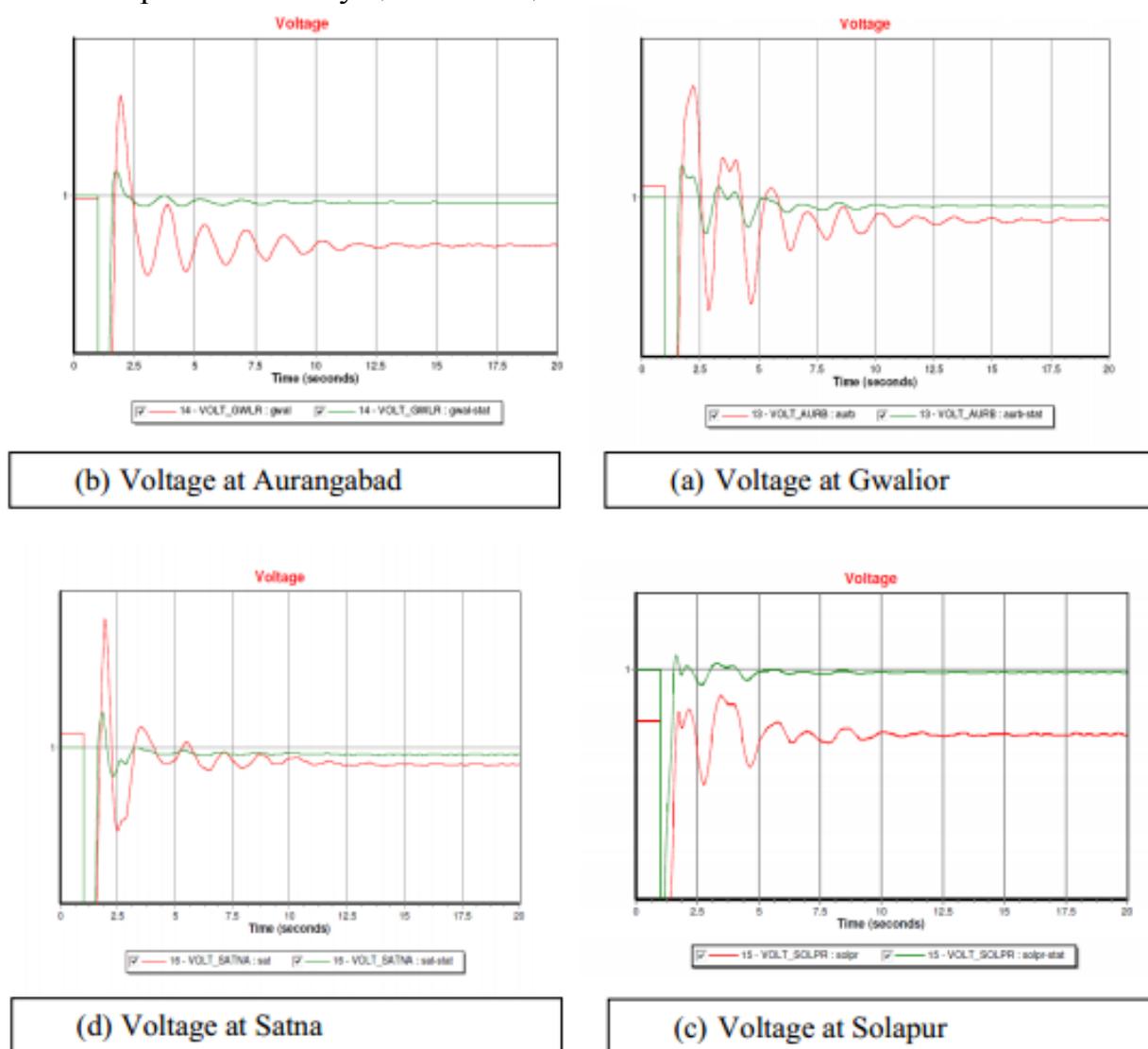


Рисунок 7 – Результаты моделирования

Результаты исследования показывают необходимость использования СТАТКОМ во время динамического переходного процесса. Наличие СТАТКОМ в системе обеспечивает стабилизацию напряжения и большой запас динамической устойчивости.

29 августа 2014 г. состоялось заседание секции **В5 «Релейная защита и автоматика»**. В область исследований данной секции входят: принципы, конструкция, применение и управление защитой энергосистем, система управления подстанцией, автоматизация, мониторинг и регистрация – включая внешние и внутренние коммуникации, система учета и взаимодействия на подстанции для удаленного управления и мониторинга.

Предпочтительными тематиками для докладов являлись:

1) Новые схемы защит и автоматики на основе развития систем связи;

Были рассмотрены следующие вопросы:

- Новые схемы, созданные в результате развития систем связи между подстанциями;
- Анализ устойчивости энергосистем и принятие мер для сохранения устойчивости;
- Новые схемы, созданные в результате развития систем связи внутри подстанции;
- Система управления для повышения рентабельности и техническое обслуживание.

2) Международный стандарт связи на подстанциях IEC 61850;

IEC 61850 – уникальный стандарт для обеспечения взаимодействия на коммуникационном, информационном и техническом уровне.

Были рассмотрены следующие вопросы:

- Требования пользователей;
- Стандартизация и профили процесса;
- Технические инструменты;
- Тестирование и проведение техобслуживание

В ходе заседаний было отмечено, что развитие коммуникационных технологий предлагает широкий спектр новых возможностей для улучшения защиты и автоматики. Появилось несколько новых защит и схем контроля для быстродействующей защиты, восстановления, системного контроля и распределенной генерации.

Специально к Сессии была приурочена выставка электротехнических устройств. Техническая выставка предоставила возможность всем посетителям увидеть новые инструменты, оборудование и материалы, а также передовые разработки и новейшие технологии в области электроэнергетики таких известных концернов, как АВВ (Швейцария), Alstom Grid (Франция), Toshiba (Япония), Siemens (Германия), Streamer International AG (Швейцария), Hitachi (Япония).

Участие в сессии СИГРЭ – это возможность получить новые знания, пообщаться с членами молодежной секции, оценить мировые тенденции электроэнергетики, и увидеть инновационные решения и технические разработки в области энергетики.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет»

ОТЧЕТ

Магистранта Кудрявцева А.С. об участии в 45-й Сессии СИГРЭ в г.Париж, Франция, 24-29 августа 2014 г.



С 24 по 29 августа в Париже во дворце конгрессов прошла 45 Сессия Международного Совета по большим электрическим системам высокого напряжения (СИГРЭ). СИГРЭ – это постоянно действующая неправительственная некоммерческая организация, созданная в 1921 г., основной целью деятельности которой является обмен информацией между странами в областях генерирования электроэнергии, и ее передачи при высоком напряжении.

Конференция собрала ученых, исследователей, инженеров и представителей энергетических компаний со всего мира. Сферы интереса СИГРЭ охватывают широкий спектр проблем и областей: высоковольтное оборудование, воздушные линии электропередачи и кабельные линии, вопросы развития систем передачи электроэнергии, вопросы связанные с проектирование и созданием подстанций, развитием рынка электроэнергии, системами и средствами релейной защиты и автоматики.

Основной формой работы и взаимодействия между участниками СИГРЭ является проведение сессий, работа в исследовательских комитетах, формирование национальных комитетов (НК) в странах-участницах СИГРЭ.

Технические заседания исследовательских комитетов и рабочих групп проходили с 26 по 29 августа во Дворце конгрессов и были основаны на «Специальных докладах», которые содержали основную информацию, а также ответов на вопросы к «докладам».

Во время 45 сессии СИГРЭ я посетил заседания следующих исследовательских комитетов:

- А1 «Вращающиеся электрические машины»
- С2 «Управление и контроль энергосистем»

А1 «Вращающиеся электрические машины»

Обсуждение материалов по направлению А1 состоялось 26 августа.

Наблюдателями встречи выступили: Председатель Исследовательского комитета (Erli Ferreira Figueiredo, Бразилия), специальные докладчики (Trevor Storkes, Соединенное Королевство, и Kevin Mayor, Швейцария) и действующий секретарь (Oscar Martinez (Испания)). Также приглашенными членами стали будущий Председатель Nico Smit и будущий секретарь Peter Wiehe.

Все материалы были разделены на 3 основные темы.

В рамках темы №1 «Разработки в области вращающихся электрических машин» рассматривались вопросы:

- Усовершенствования конструкции, производства, эффективности, работы и обслуживания. Разработки в области улучшения изоляции, удельной мощности, надежности охлаждения, подшипников и материалов

- Новые разработки в области повышения номинальной мощности больших генераторов

По теме было представлено 10 докладов и подготовлено 16 презентаций, после которых, каждый желающий мог задать вопрос выступающему по представленному материалу.

С целью ответа на вопрос о возможных путях снижения влияния плохого качества электроэнергии на эффективность электрических двигателей в рамках первой темы мной была представлена презентация на тему «Полезное использование высших гармоник в многофазных асинхронных двигателях», докладчиком которой являлся аспирант Казанского государственного энергетического университета, член молодежной секции РНК СИГРЭ, Логачева А.Г.

В рамках темы №2 были рассмотрены вопросы:

- Модернизация, замена, повышение мощности, улучшение эффективности.

- Анализ отказов: определение причин и предупреждение.

Было заслушано 8 докладов и 13 презентаций.

В рамках темы №3 были рассмотрены вопросы:

- Дизайн, производство, разработка, удельная мощность, затраты на генерацию и проблемы при работе

- Влияние отказов и возмущений в системе на дизайн и алгоритмы управления машинами

- Оценка и популярные направления в области машин для распределенной генерации

По данной теме был получен 1 доклад и подготовлено 2 презентации, несмотря на такое небольшое количество материалов, тема вызвала оживленное обсуждение, в ходе которого было отмечено много важных моментов и взглядов на проблему.

В целом заседание исследовательского комитета А1 в ходе 45 Сессии СИГРЭ продемонстрировало превосходное взаимодействие между делегатами, было затронуто множество вопросов как в специальном докладе, так и в ходе заседания. Эксперты, опытные специалисты и молодые ученые делились мнениями и опытом.

С2 «Управление и контроль энергосистем».

Обсуждение материалов по направлению С2 состоялось 27 августа.

Секция включала в себя вопросы, связанные с управлением объединенной энергосистемой в соответствии с требованиями к безопасности и качеству электроснабжения.

Все материалы были разделены на 2 основные темы.

В рамках темы №1 «Управление энергосистемой в оперативном планировании и в реальном времени» рассматривались вопросы:

- Анализ устойчивости, мониторинг и управление (контроль частоты и напряжения, устойчивость фазового угла)
- Использование допустимой нагрузки линии и динамических характеристик;
- Источники энергоснабжения, включая оперативный резерв.

По данной теме было представлено 24 доклада из 10 стран, к которым было задано 12 вопросов. К вопросам было подготовлено 35 презентаций.

По данному направлению был представлен один доклад от России на тему «Мониторинг устойчивости и управление генерацией по данным синхронизированных измерений в узлах ее подключения», авторы А.Г. Фишов (Новосибирский Государственный Технический Университет (НГТУ)), А.И. Дехтерев, М.А. Соболева, В.А. Фишов, Д.В. Тутундаева (Филиал ОАО «СО ЕЭС» Новосибирское РДУ)

Наконец, были рассмотрены стратегии восстановления систем, с учетом обучения диспетчеров. Кроме того, восстановительные испытания играют важную роль в проверке стратегии, с учетом всех заинтересованных сторон.

В рамках темы №2 «Оперативные вопросы, возникающие при взаимодействии, передачи и распределении» рассматривались вопросы:

- Интерфейс передачи, распределения и потребления;
- Центры управления и интерфейсы оператора рынка;
- Обучение и подготовка операторов;
- Понимание и информированность в вопросах эксплуатации;
- Необходимость моделирования и обмен данными;
- Управляемость распределенной генерации;
- Регулирование спроса.

По данной теме было представлено 12 докладов, 8 вопросов и 19 презентаций.

Около 50% всех подготовленных презентаций поднимали вопрос интеграции распределенной генерации и источников возобновляемой энергии в энергетические системы.

Количество источников, работающих на возобновляемой энергии, стремительно увеличивается во всем мире. В Европе старые тепловые станции заменяются ВИЭ, с целью снижения загрязнения окружающего воздуха.

В будущем поставки энергии будут преимущественно основываться на ВИЭ, в связи с чем должны быть пересмотрены сегодняшняя политика ответственности.

Так же на 45 сессии прошла техническая выставка, на которой были представлены оборудование, материалы, программное обеспечение, измерительные устройства и многие другие передовые разработки крупных компаний, таких как как АВВ (Швейцария), Alstom Grid (Франция), Toshiba (Япония), Siemens (Германия), Streamer International AG (Швейцария), Hitachi (Япония).

На стендах многих компаний были представлены макеты подстанций, различных средств генерации, но так же были представлены и образцы оборудования в натуральную величину. Одним из стендов, привлечших внимание, был стенд компании TOSHIBA, на котором был представлен макет аккумуляторных батарей и собранных из них модулей. На стендах многих компаний, например, Siemens, было представлено техническое решение для ветро- и солнечной энергетики, основанное на использовании модулей аккумуляторных батарей для обеспечения стабильности электроснабжения. Стенды компаний АВВ, С-EPRI привлекли внимание представленным разработками в области передачи электроэнергии постоянным током высокого напряжения.

На сессии СИГРЭ был организован стенд молодежных организаций различных стран, на котором были представлены как успешные практики молодежных движений в электроэнергетике всех крупных держав, так и анонсы будущих молодежных мероприятий: конференций, олимпиад и т.д. Данный стенд давал не только возможность получить информацию о секции или различных мероприятиях, но также и была возможность пообщаться с членами молодежных объединений с различных стран. Так, например, было интересно пообщаться со студентами и аспирантами с Германии, узнать особенности работы и управления энергосистемой их страны.

Отдельным молодежным мероприятием Сессии был выделен «круглый стол», посвященный работе молодежных секций СИГРЭ, на котором с презентацией выступили:

- председатель германского молодежного объединения Next Generation Network Андреас Кубис, который рассказал о созданном совместными усилиями молодежных объединений России, Германии, Великобритании, Японии, Австралии и Нидерландов сборнике лучших практик по организации молодежной работе в электроэнергетике;

- руководитель Оргкомитета Молодежной секции РНК СИГРЭ – А.В. Гофман, который выступил с презентацией "Работа с молодежью в вузах – фундамент надежного будущего электроэнергетики" в которой рассказал о программе «Молодежная секция РНК СИГРЭ»;

- руководитель рабочей группы СИГРЭ по новой категории членства – Крис Джонс, который рассказал о введении в СИГРЭ с 2015 года категории членства в СИГРЭ «студенты», которая позволяет студентам получить бесплатный доступ к базе научных исследований СИГРЭ и льготные условия регистрации на мероприятия СИГРЭ.

В ходе форума обсуждались вопросы по расширению и качественному улучшению взаимодействия между национальными комитетами, обмену

опытом организации их работы в своих странах и способам привлечения студентов в науку и исследования, расширению сотрудничества.

Для факультета и кафедры СамГТУ были представлены материалы сессии, которые будут использованы в учебном процессе.

Информация, полученная о деятельности электроэнергетических компаний и их продукции в ходе Технической выставки СИГРЭ-2014, а также контакты, установленные с представителями отечественной и зарубежной науки, представляют особую ценность для возможного сотрудничества в будущем.

Ознакомление студентов с деятельностью СИГРЭ и привлечение их в ряды Молодежной секции РНК СИГРЭ будет способствовать:

- повышению уровня научной подготовки студентов;
- повышению качества профессиональной подготовки молодых специалистов;
- формированию творческой активности;
- формированию представлению об актуальных направлениях научных исследований.

Участие в сессии СИГРЭ – это возможность получить новые знания в области энергетики, пообщаться как с членами молодежной секции так и других секций, интересующих направлений, оценить мировые тенденции электроэнергетики и увидеть инновационные решения и технические разработки передовых энергетических компаний.

Приложение 4
к отчету об участии студентов по линии Молодежной секции в составе делегации Российского национального комитета в 45-й сессии и заседаниях рабочих органов CIGRE

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет»

ОТЧЕТ

Аспирантки Логачевой А.Г. об участии в 45-й Сессии СИГРЭ в г. Париж, Франция, 24-29 августа 2014 г.



Мероприятия 45 Сессии СИГРЭ прошли в городе Париж (Франция) с 24 по 29 августа 2014. Техническая программа сессии включала

Техническая программа Сессии включала 2 панельные дискуссии «Проблемы развития энергосистем – региональные перспективы» и «Большие возмущения – функционирование систем и перспективы состояния рынка» (26 августа 2014 г.), 16 заседаний комитетов по 16 направлениям СИГРЭ (ежедневно с 26 по 29 августа параллельно работали 4 комитета), 16 постерных сессий, где делегаты могли пообщаться с авторами докладов и задать интересующие вопросы. Параллельно проходила Техническая выставка, где были представлены новейшие разработки и решения в области электроэнергетики.

Для делегатов Молодежных секций СИГРЭ была подготовлена дополнительная программа, которая включала 27 августа Молодежный Форум и 28 августа поездку в шоу-рум Оператора передающей системы Франции RTE (Réseau de Transport d'Électricité).

1. ПАНЕЛЬНЫЕ ДИСКУССИИ

1.1. Панельная дискуссия «Проблемы развития энергосистем – региональные перспективы»

На панельной дискуссии было представлено и обсуждено пять докладов, в которых представители Индии, Германии, Африки, Азии и Океании и США рассказали о проблемах генерации и передачи электроэнергии в своих регионах. Основной темой встречи стало обсуждение проблемы обеспечения населения доступным, надежным и бесперебойным электроснабжения.

По данным, которые привел Марк Уолдрон (Mark Waldron), председатель Технического комитета СИГРЭ, выступивший модератором панельной дискуссии, на сегодняшний день в мире насчитывается 1 258 миллионов человек без доступа к электрической энергии.

При этом все представленные доклады демонстрировали непрерывный рост спроса на электроэнергию во всех регионах и делились опытом решения возникающих проблем. Большую роль в доступности электроэнергии играют затраты на ее выработку и транспорт, поэтому всеми участниками подчеркивалась необходимость реализации устойчивых, надежных внутрисистемных и межсистемных связей для сбалансированного распределения электроэнергии и мощности. Были затронуты вопросы синхронизации смежных энергосистем, транспорта электроэнергии по линиям постоянного тока высокого напряжения, а также экологические аспекты генерации и использование возобновляемых источников энергии.

Region	Population without electricity millions	Electrification rate %	Urban rate %	Rural rate %
Developing countries	1,257	76.5	90.6	65.1
Africa	600	43	65	28
<i>North Africa</i>	<i>1</i>	<i>99</i>	<i>100</i>	<i>99</i>
<i>Sub-Saharan Africa</i>	<i>599</i>	<i>32</i>	<i>55</i>	<i>18</i>
Developing Asia	615	83	95	75
<i>India</i>	<i>306</i>	<i>75</i>	<i>94</i>	<i>67</i>
<i>Rest of developing Asia</i>	<i>309</i>	<i>87</i>	<i>95</i>	<i>80</i>
Latin America	24	95	99	81
Middle East	19	91	99	76
Transition economies & OECD	1	99.9	100.0	99.7
World	1,258	81.9	93.7	69.0

1.2. Панельная дискуссия «Большие возмущения – функционирование систем и перспективы состояния рынка»

Данная панельная дискуссия была организована совместно двумя исследовательскими комитетами СИГРЭ С2 Функционирование и управление энергосистем (System operation and control) и С5 Рынки электроэнергии и регулирование (Electricity Markets and Regulation). Для обсуждения были представлены следующие доклады:

– Возмущения и противоаварийные меры в больших протяженных гибридных энергосистемах переменного/постоянного тока в Государственной Сети Китая (Xiaoxin Zhou, China Electric Power Research Institute)

– Условия зимы 2014 года и их влияние на рынки электроэнергии в регионе PJM (Adam Keech, PJM)

– Сопряжение рынков Франции и Испании посредством межсистемной связи как способ эффективного распределения пропускной способности, заменяющее прямые аукционы (Juan Bogas, OMIE; Ester Peregrina, REE; Galileo Barbieri, Rte)

– События и мероприятия в ходе реализации Проекта по Расширению Объединенной Континентальной Европейской системы в направлении Турции (Rudi Baumann, swissgrid/ENTSO-E; Mehmet Kara, TEIAS (Turkish Electricity Transmission Corporation))

– Доля возобновляемой электроэнергии на рынке и эволюция Схемы Поддержки во Франции (Christophe Dervieux, Rte)

– Повышение устойчивости системы в Бразилии (Paulo Gomes, ONS)

– Проблемы урегулирования вопросов безопасности поставок электроэнергии, экономических посылок и политического влияния в кризис. Случай Бразилии (Marcus V. Lobato, Cemig; Luiz A. Barroso, PSR)

– Доклад Рабочей Группы WG C2.21 об уроках, извлеченных из чрезвычайных ситуаций и промахов (Ben Li, Convener WG C2.21/C2.23)

2. ЗАСЕДАНИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ КОМИТЕТОВ

Во время сессии мною были посещены заседания следующих исследовательских комитетов (Study Committee):

- SC A1: Вращающиеся электрические машины (Rotating Electrical Machines)

- SC B3: Подстанции (Substations)

- SC B4: Электропередачи постоянным током высокого напряжения и силовая электроника (HVDC and Power electronics)

- SC D1: [Материалы и разработка новых методов испытаний и средств диагностики](#) (Materials and Emerging Test Techniques)

Сводные данные по количеству полученных докладов, подготовленных презентаций и примерному числу делегатов, посетивших указанные заседания, представлены в таблице 1.

Таблица 1. Сводные данные по заседаниям комитетов.

№ п/п	Время проведения	Исследовательский комитет	Получено докладов	Подготовлено презентаций	Посещение делегатами
1	26.08.14 8:45 – 18:00	A1: Rotating Electrical Machines	19	31	>150
2	27.08.14 8:45 – 18:00	B3: Substations	34	60	>150
3	28.08.14 8:45 – 18:00	B4: HVDC and Power electronics	28	65	250-300
4	29.08.14 8:45 – 18:00	D1: Materials and Emerging Test Techniques	30	-	-

Во время всех встреч наблюдалось оживленное обсуждение поднятых тем и вопросов.

2.1. SC A1: Вращающиеся электрические машины (Rotating Electrical Machines)

Исследовательский комитет A1 Вращающиеся электрические машины в своей деятельности охватывает вопросы генераторов и больших двигателей, применяющихся на электрических станциях. В область интересов комитета также входят технологии материалов и сверхпроводимости, применяемые в электрических машинах.

Работа комитета ведется по таким направлениям как исследование, проектирование и развитие машин, их производство, эксплуатация и обслуживание, управление активами, а также вывод машин из эксплуатации.

В последнее десятилетие комитет наблюдал возрастающий интерес к использованию электрических машин для новейших технологий производства электроэнергии и к машинам для распределенной генерации, в связи с чем исследовательский комитет расширил область своих интересов, включив в нее данные вопросы.

Обсуждение материалов конференции по тематике исследований комитета A1 состоялось во вторник 26 августа.

Модераторами встречи выступили действующий Председатель Исследовательского комитета (Erlí Ferreira Figueiredo, Бразилия), специальные докладчики (Trevor Storkes, Соединенное Королевство, и Kevin Mayor, Швейцария) и действующий секретарь (Oscar Martinez (Испания)). Также приглашенными членами стали будущий Председатель Nico Smit и будущий секретарь Peter Wiehe.

Председатель открыл заседание, поприветствовав аудиторию и представив слушателям статус работы исследовательского комитета A1. Также он напомнил аудитории правила встречи и порядок выступления с презентациями.

Все материалы были разделены на 3 предпочтительные темы (Preferential Subject).

В рамках темы №1 «Разработки в области вращающихся электрических машин» рассматривались вопросы:

- Усовершенствования конструкции, производства, эффективности, работы и обслуживания. Разработки в области улучшения изоляции, удельной мощности, надежности охлаждения, подшипников и материалов
- Влияние требований заказчика и сетевых компаний на работу, дизайн и стоимость машин
- Новые разработки в области повышения номинальной мощности больших генераторов

По теме было получено 10 докладов. Во время обсуждения было представлено 16 презентаций. Презентации ответов на вопросы, поставленные специальным докладчиком, сопровождались комментариями от аудитории.

Авторы из Аргентины и Бразилии (P. DONOLO, C. PEZZANI, A. BONELLI, A. AOKI, R. NEHLS, G. BOSSIO, G. GARCIA) в докладе «Характеристики высокоэффективных асинхронных двигателей при низком качестве электроэнергии» представили результаты исследований влияния несим-

метрии напряжений, несинусоидальности напряжений и величины нагрузки на эффективность асинхронных двигателей (АД) различных классов энергоэффективности. Исследования показали, что снижение эффективности вследствие питания электродвигателя электроэнергией с низкими показателями качества тем сильнее, чем выше класс энергоэффективности машины (данные, полученные авторами, представлены на рисунках 1, 2).

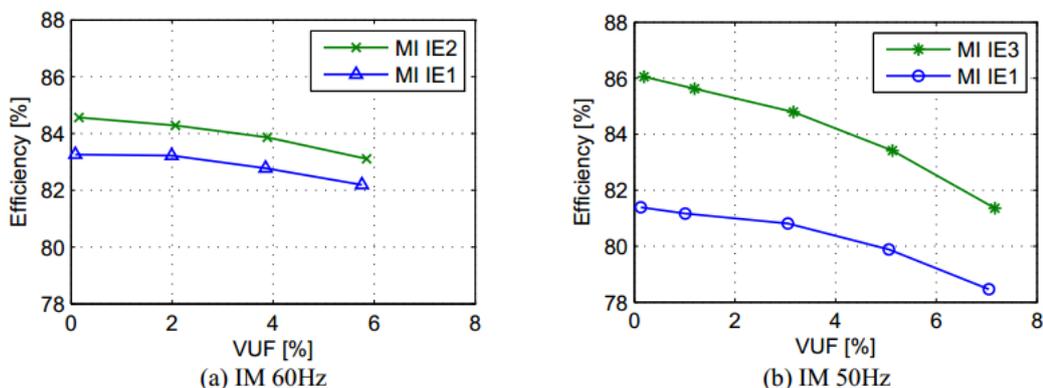


Рис.1. Эффективность АД при номинальной нагрузке при различной степени несимметрии напряжений.

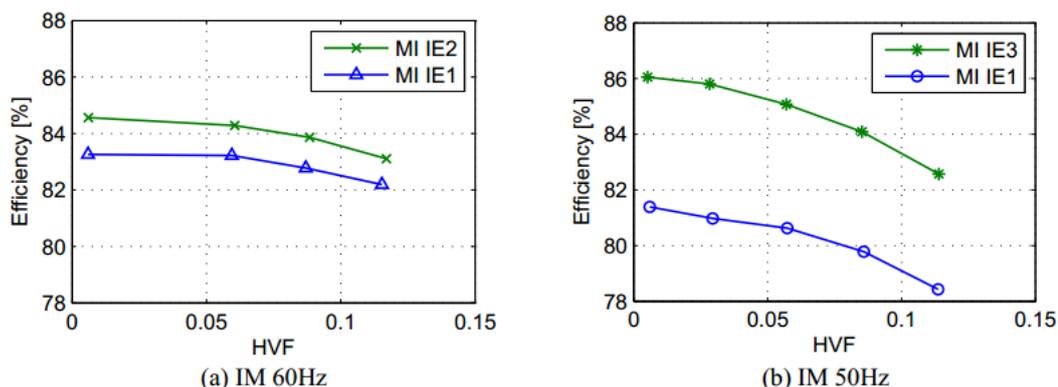


Рис.2. Эффективность АД при номинальной нагрузке как функция коэффициента несинусоидальности питающего напряжения.

В докладе «Усовершенствование конструкции частотно-регулируемого электропривода с преобразователем частоты на базе IGBT-модулей» авторы из Индии А.К. Гупта (A. K. GUPTA), Д.К.Чатурведи (D. K.CHATURVEDI) рассмотрели вопросы адаптации конструктивных параметров асинхронных двигателей к частотному регулированию. Вследствие постоянных электрических перенапряжений, которым подвергается обмотка статора при питании несинусоидальным напряжением от частотного преобразователя, повышается риск повреждения изоляции обмотки. Авторами рекомендуют усиливать межвитковую изоляцию катушек, покрывать паз и лобовые вылеты катушек полупроводящей краской или лентой. Кроме того, отмечается необходимость учета нагрева двигателя токами высших гармоник при выборе его габаритов. При этом конструкция двигателя и приводимого им оборудования должна быть такой, чтобы не возникало явления резонанса в диапазоне рабочих скоростей.

В дополнение к вопросу о возможных путях снижения влияния плохого качества электроэнергии на эффективность электрических двигателей мною был представлен доклад на тему «Полезное использование высших гармоник в многофазных асинхронных двигателях».

В традиционных трехфазных асинхронных двигателях высшие гармоники токов являются нежелательным явлением, в связи с чем при питании от преобразователей частоты (выходное напряжение которых содержит большой процент высших гармоник) применяются различные технические решения для их устранения. В многофазных асинхронных двигателях высшие гармоники напряжений и токов могут создавать магнитные поля с различным числом полюсов (см. рисунок 3). Некоторые из образующихся полей вращаются однонаправленно и синхронно с полем основной гармоники, вследствие чего снижается отрицательное влияние несинусоидальности питающего напряжения на характеристики электродвигателя, в частности, снижаются пульсации момента и искажения механической характеристики.

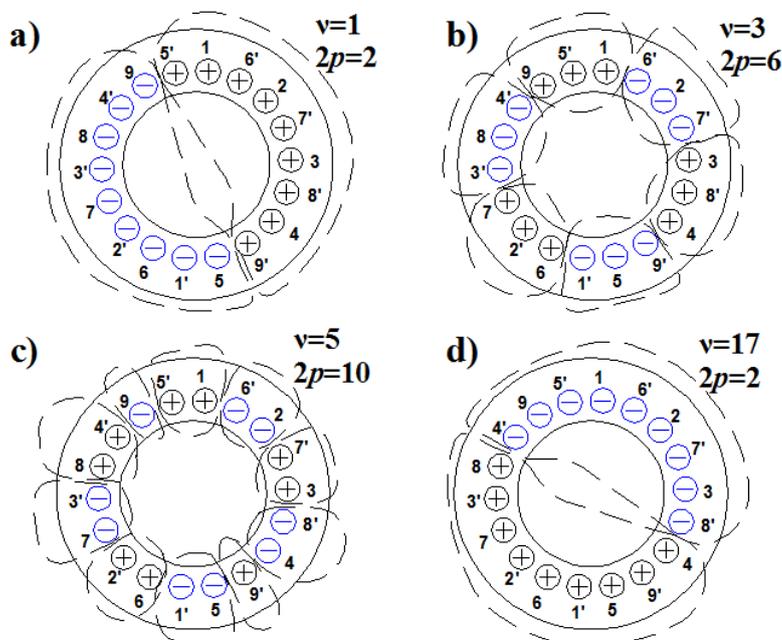


Рис.3. Магнитные поля, создаваемые в 9-фазном асинхронном двигателе высшими гармониками ($v=1, 3, 5, 17$).

Обсуждение тем №2 «Управление жизненным циклом генераторов» и №3 «Вращающиеся машины для распределенной генерации» состоялось во второй половине дня.

В рамках темы №2 были рассмотрены вопросы:

- Модернизация, замена, повышение мощности, улучшение эффективности. Экономическая оценка и влияние сетевых кодексов на решения по модернизации
- Влияние крутильных колебаний на отказ ротора генераторов
- Анализ отказов: определение причин и предупреждение, включая измерительных роботов

Было получено 8 докладов, 13 презентаций и минимум 10 комментариев из зала.

В рамках темы №3 были рассмотрены вопросы:

- Дизайн, производство, разработка, удельная мощность, затраты на генерацию и проблемы при работе
- Влияние отказов и возмущений в системе на дизайн и алгоритмы управления машинами
- Оценка и популярные направления в области машин для распределенной генерации

По данной теме был получен 1 доклад и подготовлено 2 презентации, несмотря на такое небольшое количество материалов, тема вызвала оживленное обсуждение, в ходе которого было высказано много взглядов на проблему и отмечено немало важных моментов.

В целом заседание исследовательского комитета А1 в ходе 45 Сессии СИГРЭ продемонстрировало превосходное взаимодействие между делегатами, было затронуто множество актуальных для данного направления вопросов как в специальном докладе, так и в ходе заседания. Эксперты, опытные специалисты и молодые ученые делились мнениями и опытом.

2.2. SC В3: Подстанции (Substations)

В область интересов исследовательского комитета СИГРЭ В3 Подстанции входят вопросы проектирования, сооружения, эксплуатации, текущего управления подстанциями и электрическими установками на электрических станциях за исключением генераторов. Целью исследовательского комитета является совершенствование базы технических и научных знаний инженерного сообщества путем синтеза современных практик, разработки рекомендаций и отслеживанию передового опыта.

Для обсуждения на заседании исследовательского комитета было выделено 2 предпочтительные темы:

1. Развитие подстанций с целью удовлетворения будущих потребностей
 - интеграция новых подходов к автоматизации сетей на передающих и распределительных подстанциях;
 - влияние модернизации сетей на проекты подстанций;
 - прибрежные подстанции;
 - малозатратные подстанции и подстанции быстрого развертывания.
2. Управление жизненным циклом подстанций
 - модернизация, ремонт, расширение и повышение технических характеристик подстанций;
 - вопросы управления активами, технического обслуживания, контроля, надежности и устойчивости;
 - управление рисками в области проектирования, монтажа и эксплуатации подстанций.

На заседании был рассмотрен широкий спектр проблем, стоящих перед отраслью. Так в связи с возрастающим интересом к «цифровым» подстанциям предпринимаются попытки согласования проектов подстанций с требованиями стандарта МЭК-61850. КРУ с газовой изоляцией (GIS, Gas-insulated

Switchgear) и распределительные устройства комбинированной технологии (MTS, Mixed Technology Switchgear) становятся все более популярными вариантами при реконструкции или расширении подстанций. В области КРУ с газовой изоляцией появляются решения на постоянном токе. В настоящее время рассматривается возможность замены ключевого оборудования основных компонентов стареющих КРУ с газовой изоляцией как альтернатива замене всего КРУ. Наконец, навыки по управлению активами должны охватывать новые технологии, независимо предназначены они для настройки и тестирования вторичного оборудования, или проектирования и оптимизации подстанции или управления.

2.3. SC B4: Электропередачи постоянным током высокого напряжения и силовая электроника (HVDC and Power electronics)

Заседание исследовательского комитета В4 состоялось в четверг 28 августа. По результатам представленных докладов, подготовленных ответов на вопросы, поставленные в специальном докладе и комментариям в ходе заседания можно выделить три основных направления развития технологий постоянного тока высокого напряжения. Во-первых, это использование ведомых сетью преобразователей на большее напряжение (с 800кВ до 1100кВ) с ростом их пропускной способности до 10 000 МВт на один полюс. Во-вторых, повышение мощности автономных инверторов напряжения до 1000 МВт. В-третьих, разработка концепции сетей постоянного тока в прибрежных зонах, разработка оборудования, систем управления и защиты для таких сетей. В самом начале заседания представители Китайского национального комитета СИГРЭ доложили о разработке и внедрении новой мульти-терминальной сети постоянного тока высокого напряжения с автономными инверторами напряжения. Также обсуждались вопросы использования гибридных аналого-цифровых симуляторов для тестирования нового оборудования, систем управления и защиты.

Доклады по использованию силовой электроники в системах переменного тока показали, что статические компенсаторы реактивной мощности по-прежнему могут рассматриваться как жизнеспособная альтернатива автономным инверторам напряжения, на базе которых строятся системы СТАТ-КОМ. При этом выбор той или иной технологии зависит от требований, предъявляемых к техническим характеристикам и сроку службы.

Производителями коммутационного оборудования ведутся разработки в области выключателей для сетей постоянного тока, при этом испытываются новые гибридные выключатели и выключатели, выполненные на электронной базе (например, на основе MOS-контролируемых диодов (Bimode Insulated Gate Transistor, BIGT)).

На заседании было выделено 3 предпочтительные темы:

1. Системы постоянного тока высокого напряжения (ПТВН), оборудование и применения

- Разработка новых технологий, включая сети ПТВН
- подключение возобновляемых источников энергии

- Вопросы разработки проекта, влияния на окружающую среду и требований регулятора

- внедрение проектов и опыт эксплуатации

2. Оборудование и применение FACTS

- Интеграция возобновляемых источников

- Улучшение технических характеристик сетей

- Вопросы разработки проекта, влияния на окружающую среду и требований регулятора

- внедрение проектов и опыт эксплуатации

3. Разработка оборудования силовой электроники

- Преобразователи для возобновляемой генерации и хранения энергии

- выключатели постоянного тока, устройства для регулирования распределения нагрузки постоянного тока и ограничители аварийных токов

- новые полупроводниковые устройства и топологии преобразователей.

Активное посещение делегатами заседания данного исследовательского комитета говорит о большом интересе к технологиям постоянного тока высокого напряжения. Во многом это обусловлено необходимостью транспорта электроэнергии на большие расстояния как внутри одной страны (например, при территориальном расположении источников электроэнергии в разных климатических зонах), так и между государствами (объединение несинхронизированных энергосистем).

2.4. SC D1: [Материалы и разработка новых методов испытаний и средств диагностики](#) (Materials and Emerging Test Techniques)

Целью Исследовательского комитета D1 [Материалы и разработка новых методов испытаний и средств диагностики](#) является содействие техническому прогрессу и международному обмену информацией в области материалов и новых методов испытаний. Комитет вносит свой вклад в данную область знаний путем синтеза существующих практик и разработки рекомендаций. Комитетом отслеживаются и оцениваются новые разработки по направлениям:

- новые и существующие электротехнические материалы;

- методы диагностики и связанные с ними правила;

- новые методы испытаний, которые могут оказать значительное влияние на энергосистемы в среднесрочном и долгосрочном периоде.

На основании полученных 30 докладов для обсуждения на заседании исследовательского комитета D1 в рамках 45 Сессии СИГРЭ было выделено 3 предпочтительные темы:

1. Электрическая изоляция под воздействием постоянного напряжения

- свойства материалов;

- пространственные и поверхностные заряды и распределение потенциала;

- срок службы

2. Новые методы испытаний и средства диагностики

- Ультравысокое переменное и постоянное напряжение

- Атмосферная и высотная коррекция, тяжелые условия

- Разработка новых методов диагностики и анализа для управления активами

3. Свойства и возможные применения новых материалов

- Материалы для сглаживания электрического поля

- Экологически безопасные материалы

- Сверхпроводящие материалы.

В ходе заседания были обсуждены такие вопросы как дизайн и параметры изоляторов, применяемых на подстанциях постоянного тока высокого напряжения с КРУ с газовой изоляцией, способы повышения срока службы кабелей с полиэтиленовой изоляцией, испытания прочности изоляции оборудования сверхвысокого напряжения, применение нанотехнологий для повышения диэлектрической прочности изоляционных материалов и т.д.

3. ТЕХНИЧЕСКАЯ ВЫСТАВКА СИГРЭ-2014

Параллельно с мероприятиями 45-й Сессии СИГРЭ прошла Техническая выставка «CIGRE 2014», где ведущие компании электроэнергетической отрасли представили свою продукцию и разработки.

На стендах компаний были представлены силовое оборудование, кабельная продукция, программные решения для управления и контроля энергосистем, коммутационное оборудование, разработки в области диагностики и защиты. Представители компаний охотно делились информацией о своей экспозиции.

Например, представитель компании ETAP долго и подробно рассказывал о возможностях предлагаемого ими программного решения для моделирования, анализа и предупреждения аварий в электроэнергетических системах.

На стендах компаний HITACHI и TOSHIBA интерес вызвали представленные образцы и макеты аккумуляторных батарей и собранных из них модулей. Компанией Siemens было представлено техническое решение для ветро- и солнечной энергетики, основанное на использовании модулей аккумуляторных батарей для обеспечения стабильности электроснабжения.

Стенды компаний ABB, C-EPRI привлекли внимание представленным разработками в области передачи электроэнергии постоянным током высокого напряжения. На экспозиции компании SERGI можно было познакомиться с макетом противопожарной системы для силовых трансформаторов.

Свою продукцию на выставке представили и такие компании как Alstom, RTDS, RTE. Интересная разработка специалистов из компании TE ENERGY - «AVISPHERE» предназначена для защиты пролетающих птиц от столкновения с проводами воздушных линий электропередач.

В ходе общения с техническими специалистами на выставке мною было получено огромное количество новой информации и установлены деловые контакты. При этом необходимо отметить, что многие компании имеют специальные программы сотрудничества с университетами.

4. МЕРОПРИЯТИЯ МОЛОДЕЖНОЙ СЕКЦИИ СИГРЭ

Стенд Молодых членов СИГРЭ на данной сессии был организован Молодежной секцией Германии (YoungEnergyNet). Основной целью стенда была презентация работы Молодежных секций СИГРЭ в разных странах. Здесь каждый мог получить общую информацию о Молодых членах СИГРЭ, правилах вступления в Молодежные секции стран, о мероприятиях, проводимых секциями и т.д. Кроме того, стенд был базой для всех молодых членов СИГРЭ, куда можно было прийти и пообщаться с участниками из других молодежных секций, обсудить интересные разработки, собственные исследования, поделиться впечатлениями от Сессии.

27 августа 2014 г. в рамках Сессии состоялся 2-ой Молодежный форум [«CIGRE Young Members - Sharing best practices and ideas»](#) (Молодые члены СИГРЭ: обмен лучшим опытом и идеями), подготовленный рабочей группой «CIGRE Student Membership» под руководством Криса Джонса (Chris JONES), Великобритания, на котором также выступили председатель Молодежной секции Германии Andreas Kubis и руководитель Оргкомитета Молодежной секции РНК СИГРЭ А.В.Гофман.

Представленные материалы вызвали большой интерес у участников других стран, были высказаны пожелания и предложения по организации работы Молодежных секции и интеграции молодых членов в Рабочие группы СИГРЭ.

28 августа 2014 г. для Молодых членов СИГРЭ была организована поездка в шоу-рум Оператора передающей системы Франции RTE, где нам представилась возможность познакомиться с деятельностью компании и поработать с симулятором АРМ участника рынка электроэнергии и мощности.

Основным моментом участия в Сессии для меня стало выступление с презентацией на заседании исследовательского комитета А1 Вращающиеся электрические машины. Но при этом нельзя не отметить важность посещения заседаний других Исследовательских комитетов, Технологической выставки и общения с иностранными коллегами для формирования представления о состоянии современной энергетики, тенденциях развития и актуальных направлениях исследований, а также для обмена опытом и знаниями. В целом участие в Сессии запомнилось информационной насыщенностью, интересным общением, новыми знакомствами и дружественной атмосферой.

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
"Национальный исследовательский университет "МЭИ"

ОТЧЕТ

Аспирантки Сапуновой А.А. об участии в 45-й Сессии СИГРЭ в г.Париж, Франция, 24-29 августа 2014 г.



В рамках заседаний исследовательских комитетов мною были посещены следующие секции: *B2*-воздушные линии электропередач, *B4*-электропередачи постоянного тока (*HDVC*) и силовая электроника, *B5*-релейная защита и автоматика, *C2*- управление системой и ее контроль, *C4*-характеристики технических систем. Были привезены материалы докладов для дальнейшей научной работы кафедры.

Заседание исследовательского комитета *B2* «*Воздушные линии электропередач*» состоялось 26 августа. Для заседания были выбраны 3 предпочтительные тематики, охватывающие широкую область исследований: уменьшение влияния новых линий электропередач на окружающую среду, надежность, проектирование, строительство и эксплуатация воздушных линий электропередач, а также эксплуатация проводников.

1. Уменьшение влияния новых линий электропередач. Рассматривались следующие вопросы:
 - ✓ Использование гибридных линий (AC/DC) для минимизации отчуждаемых земель в существующих коридорах и увеличения пропускной способности линий
 - ✓ Использование новой конструкции траверс для компактных ЛЭП, а также использование изоляторов из композитных материалов для уменьшения размеров опоры ЛЭП (например, для линии 400 кВ возможно уменьшение высоты опоры на 26%)
 - ✓ Возможность мониторинга состояния окружающей среды при помощи вертолетов во время строительства и эксплуатации линий электропередач

2. Оптимизация с учетом надежности и дизайна. Данной проблематике посвящены 10 статей, включающие следующие темы:
 - ✓ Рассматривается возможность онлайн-мониторинга температуры линии для обеспечения надежности. Также предлагается рассмотрение состояния линии электропередач по погодным условиям - скорости ветра
 - ✓ Отмечается важность обеспечения качества производимых изоляторов. Также испытывается новый композитный изолятор с системой антилед, который успешно используется на напряжении 220 кВ.
3. Проводники: установка и долговечность. Статьи и обсуждения посвящены следующим темам:
 - ✓ Использование современных методов слежения: видео с вертолетов, беспилотных летательных аппаратов и роботов могут обеспечить следующей информацией о проводниках: где произошло механическое повреждение, где изменилась толщина изоляции
 - ✓ Использование новых типов проводов в районах с особенными климатическими условиями.

Таким образом секция посвящена изучению эксплуатационного качества ЛЭП, состоянию компонентов, а также возможности модернизации и повышения пропускной способности ЛЭП.

Заседание исследовательского комитета *С4 «Технические характеристики энергосистем»* также состоялось 26 августа. Для заседания были выбраны 3 предпочтительные тематики: качество электроэнергии, электромагнитная совместимость и электромагнитные помехи, координация изоляции, моделирование электроэнергетических систем и численные методы.

1. Технические характеристики энергосистем с появлением большого количества преобразователей, включая генерирующие технологии. В рамках темы были рассмотрены следующие вопросы:
 - ✓ Влияние большого количества инверторов на основе ветровой и фотоэлектрической энергии на устойчивость и надежность энергосистемы наличие;
 - ✓ Влияние ветровой, фотоэлектрической, солнечной и приливной генерации на качество электроэнергии;
 - ✓ Влияние ВПТ и ППТ на электромагнитную совместимость и их влияние на качество электроэнергии.
2. Методы и технологии для оценки грозовой активности и координации изоляции (7 статей). Были рассмотрены следующие вопросы:
 - ✓ Оценка грозовой активности как линиях переменного тока сверхвысокого и ультравысокого напряжения, так и на линиях постоянного тока;
 - ✓ Защита открытых конструкций, в том числе ветряков;
 - ✓ Координация изоляции на линиях СВН и УВН, а также моделирование высоковольтного оборудования

3. Передовые методы, модели и инструменты для анализа технических характеристик. Были рассмотрены следующие вопросы:

- ✓ Применение комплексных методов для моделирования трехфазных систем во времени
- ✓ Характеристика и моделирование индуцированных токов, наведенных геомагнитным полем;
- ✓ Анализ характеристик энергосистем с большим количеством протяженных кабелей переменного тока, где возможно возникновение резонанса на высших гармониках.

Как и в секции В2 большое внимание уделялось вставкам и передаткам постоянного тока, поэтому многое еще предстоит сделать для развития средств и методов анализа системы технического исполнения, связанных с развертыванием ППТ в крупных энергосистемах. Помимо этого большое внимание уделялось быстрым переходным процессам, а также динамическим характеристикам системы.

Особый интерес в данной теме в рамках работы над магистерской диссертацией вызвала работа коллектива авторов А.Holdyk, J.Holboell, E.Koldby, A.Jensen «Влияние оффшорных ветровых электростанций на электрический резонанс в системе».

Взаимодействие различных элементов системы напрямую зависит от сложности системы. При этом особое влияние должно быть уделено взаимодействию различных компонентов энергосистемы, в частности взаимодействию и возможности возникновения резонансных явлений в системе кабель-трансформатор-выключатель. Особенно эти явления важны при подсоединении ветровых электростанций, где сложная структура присоединения может привести к возникновению резонансов между кабелями и трансформаторами, которые в свою очередь приводят к опасным перенапряжениям и увеличению тока. В статье рассказывается о том, как топология сети при присоединении ветровой электростанции влияет на возможность возникновения резонансов в средне- и высокочастотной областях.

Моделирование элементов проводилось в широком диапазоне частот. Кабели были смоделированы бегущими волнами, с учетом зависимости параметров проводов от частоты. Модель трансформатора учитывала, как сопротивления обмоток, так и токи утечки и емкости обмоток. В связи с тем, что моделирование проводилось на частоте до 1 МГц, то представление модели трансформатора сосредоточенными характеристиками считалось достаточным. Выключатели и конденсаторы принимались идеальными.

Выбранная схема ветровой электростанции включает в себя как простые радиальные, так и сложные структуры, где возможно возникновение дополнительных разрывов в схеме, что приводит к возможности возникновения резонансных режимов в системе.

Если электрическая система, содержащая компоненты с индуктивностями и емкостями возбуждается, например, при воздействии на нее импульсным сигналом, то контур будет колебаться с определенной частотой, известной как собственная частоты. Если в систему подается периодический

сигнал и частота этого сигнала соответствует собственной частоте системы, то возникает резонанс. Во время резонанса происходит увеличение напряжения или тока в сети, который может произойти за счет обмена энергией между электрическими и магнитными полями в системе. В зависимости от структуры данной цепи различают два типа резонансов: один, происходит последовательно соединенными между индуктивностью и емкостью, а другой происходит между параллельно соединенными индуктивностью и емкостью.

В данной статье взаимодействие между кабельной системой оффшорной ветровой электростанции (ОВЭ) и трансформаторами показано на примере простого фиктивного ОВЭ, содержащего четыре турбины в одном радиальном направлении, как показано на рисунке 1. Номинальное напряжение рассматриваемой системы 10 кВ.

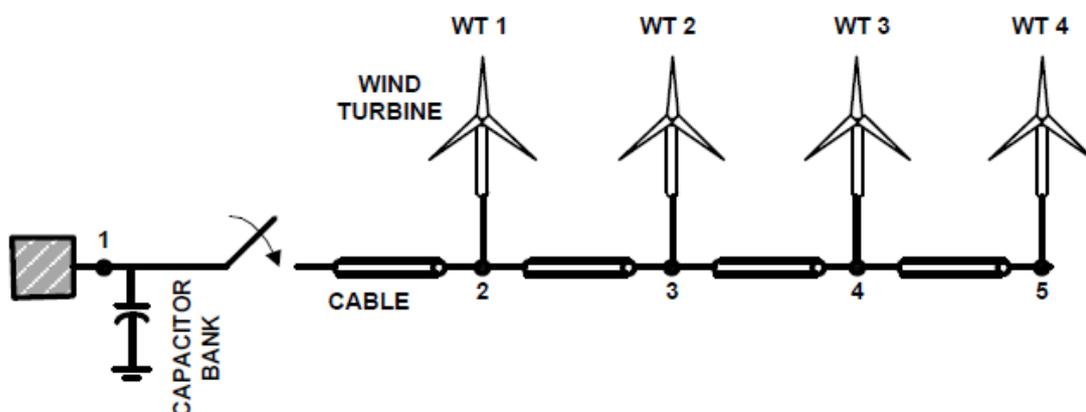


Рис.1. Упрощенная схема фиктивного, небольшой морского ветропарка

После замыкания ключа волна напряжения начинает распространяться в радиальном направлении. Характеристический импеданс трансформатора значительно больше, чем характеристический импеданс кабеля, таким образом, форма сигнала практически не отражается от турбин, но распространяется в радиальном направлении до последней турбины. Предполагается, что соединение между кабелями и трансформаторами Т-образное. Кроме того, на последней турбине (узел 5), трансформатор действует как разомкнутая цепь, таким образом, волна отражается от последней турбины и происходит удвоение амплитуды. В конце отраженные волны возвращаются к выключателю, при этом конденсатор оказывается подсоединен параллельно системе, в результате чего происходит дальнейшее отражение волны обратно в систему. Это движение волны приведет к колебаниям напряжения с частотой, связанной со скоростью распространения волны вдоль кабеля. Колебательные напряжения на последней турбине показаны на рисунке 2.

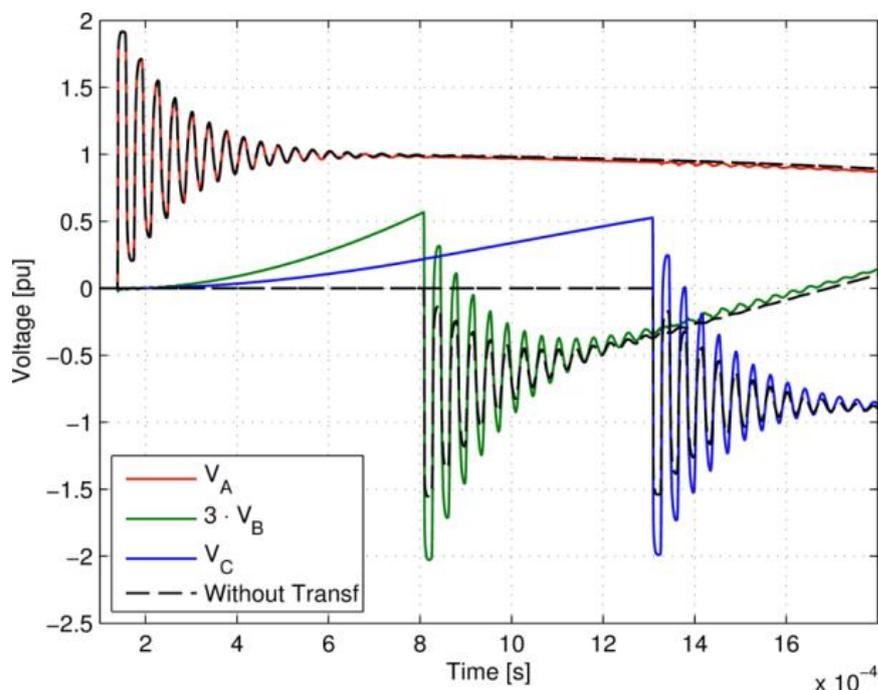


Рис.2. Напряжения на фазе А, В и С во время подачи напряжения. Черной линией показан случай, когда трансформатор отсутствует - только кабель находится под напряжением.

Результаты исследований при изменении длины кабеля показаны на рисунке 3, здесь длина кабеля была выбрана 62 м в разделе (248 м в общей сложности). Первой резонансной частоте соответствует частота 178 кГц в соотношении напряжения между СН и НН сторонах трансформаторов. Интересно отметить, что эта наибольшая величина перенапряжения не была вызвана возбуждением соответствующего этапа на стороне высокого напряжения, а вместо этого наблюдалась на фазе С. Это связано с дельта обмоток на стороне НН. Эта связь, как в результате связи дельта и емкостной связи между фазами, на более высоких частотах может привести к повторению больших перенапряжений. Высокие повторяющиеся перенапряжения могут привести к ухудшению изоляции в течение времени.

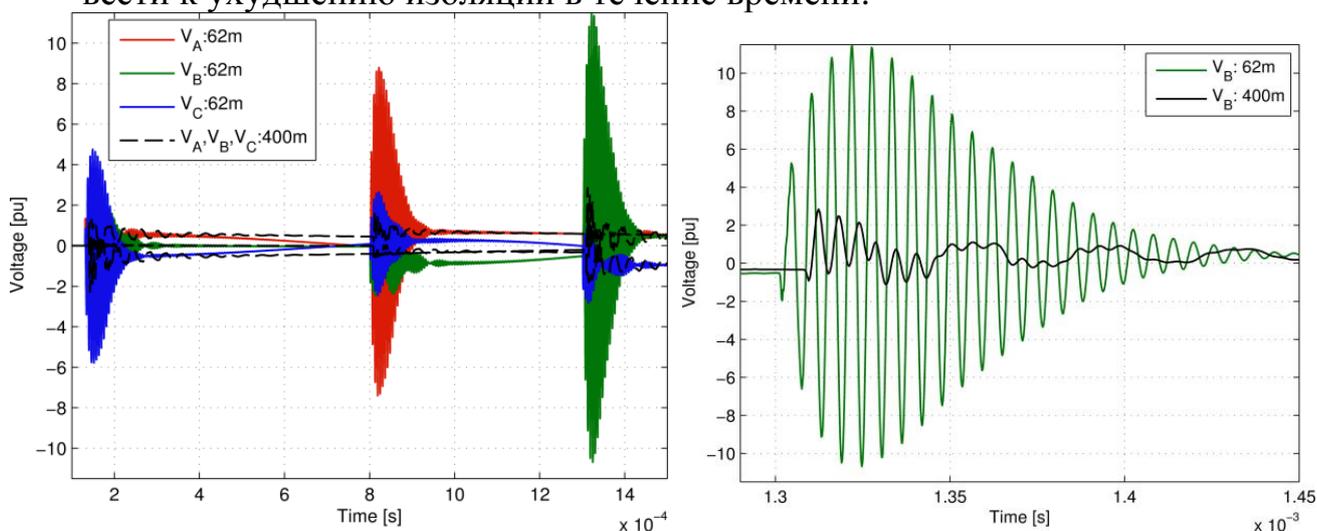


Рис.3. Сравнение напряжения фаз А, В и С на стороне НН трансформатора для двух длин и кабельного участка: 62 м и 400 м. Общая протяженность радиальной линии - четыре раза в разделе. а) показывает все три фазы и б) показывает увеличение напряжения на фазе В

Исследования резонансных частот также могут быть выполнены в частотной области, в этом случае с помощью движущей точки допуска разверток. На рисунке 4 приведено сравнение резонансных частот в точке движущей допуска на ветровой турбине 4 и спектральной плотности мощности в реальном времени при всплеске сигнала в фазе А трансформатора.

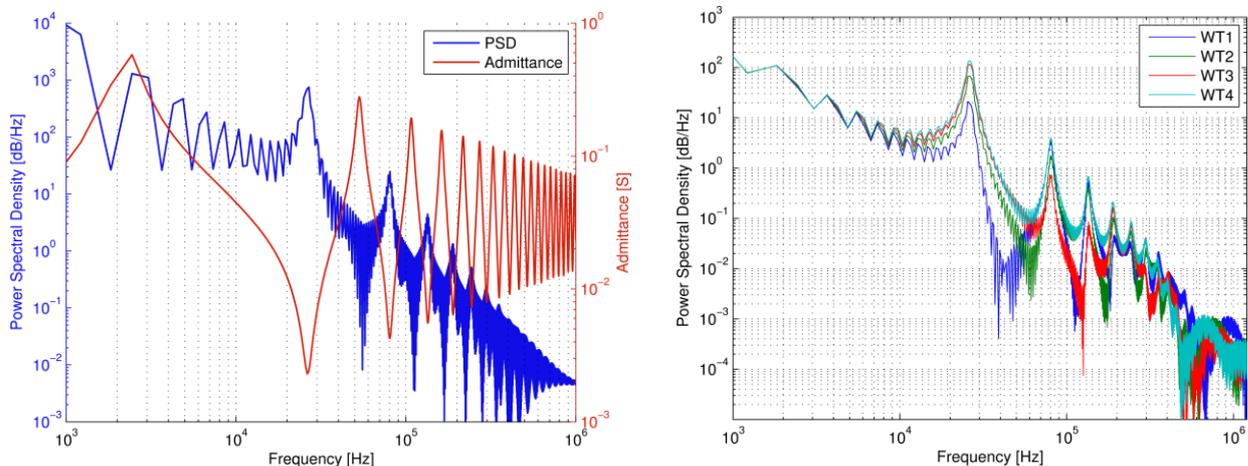


Рис.4. а) Проводимость и развертка на ВТ4. б)Развертка для фазы В всех турбин

Результаты, представленные в данной статье, показывают, что параметры системы оказывают существенное влияние на возникновение резонансных режимов в системе. Более общие результаты могут быть достигнуты путем более систематического подхода. Поэтому на стадии проектирования ветряных электростанций, метод систематического параметрического изменения можно использовать для детального изучения чувствительности системы. В настоящей статье дана оценка возможности возникновения резонансов на ВГ вследствие изменения длины кабеля, но должны учитываться и другие возможные изменения в системе.

27 августа были представлены доклады секции ***С2 «Управление и контроль энергосистем»***.

Секция включала в себя вопросы, связанные с управлением объединенной энергосистемой в соответствии с требованиями к безопасности, надежности и качеству электроснабжения.

В ходе заседания были представлены темы докладов по следующим предпочтительным тематикам:

1. Управление электроэнергетической системой при оперативном планировании и в реальном времени. В данном блоке были рассмотрены следующие вопросы:
 - ✓ Анализ устойчивости, контроль и управление в ЭЭС (контроль напряжения и частоты, устойчивость фазового угла);
 - ✓ Учет пропускной способности линии и динамических характеристик;
 - ✓ Дополнительные ресурсы, в том числе оперативный резерв.

Основные выводы по данным вопросам:

- Необходимость обеспечения стабильности, системы контроля и управления, в том числе динамической оценки безопасности, а также создания сетевых моделей и новых подходов;
 - Необходимость региональной инициативы по координации изоляции;
 - Учет пропускной способности линий электропередач;
 - Интеграция ВИЭ в энергосистему.
2. Решение оперативных вопросов, возникающие в ходе передачи и распределения электроэнергии
- ✓ Интерфейсы передачи, распределения и потребления;
 - ✓ Центры управления и интерфейсы оператора рынка;
 - ✓ Обучение и подготовка операторов;
 - ✓ Наглядность и информированность в вопросах эксплуатации;
 - ✓ Обеспечение данными для моделирования и обмен данными;
 - ✓ Возможность регулирования распределенной генерации;
 - ✓ Регулирование спроса.

В связи с уменьшением количества ТЭЦ в Европе и заменой их ВИЭ (действия направлены на защиту окружающей среды), возникает вопрос о возможности управления энергосистемой, так как при использовании ВИЭ контроль в должной мере невозможен, поэтому внимание было уделено следующим вопросам: какова максимальная степень проникновения ВИЭ в энергосистему; необходимость введения нормативных документов по техническим требованиям, чтобы избежать простоев из-за недопустимых условий работы; как бороться с увеличением количества узких мест в распределительных сетях; использование STATCOM, ППТ и ВПТ в системах электропитания.

Несмотря на возникающие технические проблемы, задачей современной электроэнергетической системы является поставка качественной, недорогой электрической энергии потребителю, удовлетворяющей требованиям надежности, безопасности. Поэтому требуется все большее внимание к оперативной оценке безопасности, новым методам, обеспечивающим гибкие и приближенные к реальному времени подходы к управлению энергосистемой.

28 августа состоялась встреча исследовательского комитета **В4 «Линии постоянного тока и силовая электроника»**. В докладах, представленных в данной секции, рассматривались вопросы связанные с использованием ППТ, ВПТ, *FACTS*.

Предпочтительными тематиками являлись:

1. Электропередачи постоянного тока (*HVDC*) – оборудование и область применения;
- ✓ Развитие технологий *HVDC*;
 - ✓ Подключение возобновляемых источников энергии к существующей энергосистеме;

- ✓ Разработка проекта, экологические и правовые нормы;
 - ✓ Внедрение проекта и существующий опыт эксплуатации.
2. Гибкие электропередачи переменного тока (*FACTS*) – оборудование и область применения;
- ✓ Внедрение возобновляемых источников энергии;
 - ✓ Увеличение пропускной способности линии;
 - ✓ Разработка проекта, экологические и правовые нормы;
 - ✓ Внедрение проекта и существующий опыт эксплуатации.
3. Развитие электронного оборудования;
- ✓ Конвертеры для возобновляемых источников энергии и накопители энергии;
 - ✓ Выключатели постоянного тока, регуляторы перетока мощности и приборы для ограничения токов короткого замыкания;
 - ✓ Новые полупроводниковые приборы и преобразователи энергии.

HVDC быстро развивается в трех областях. Одним из них является разработка HVDC на СВН и УВН от 800 кВ до 1100 кВ с использованием линейных коммутационных преобразователи (*LCC*) с возможностью передачи мощности около 10 000 МВт. Второй областью является продолжение развития источников преобразователей (*VSC*) с мощностью до 1000 МВт на среднем напряжении. Третьим направлением является концептуализация сетей постоянного тока, в том числе оффшорных, разработка оборудования, методов управления и защиты сетей постоянного тока.

Заседание комитета по секции ***B5 «Релейная защита и автоматика»*** состоялось 29 августа. В область исследований данной секции входят: принципы, конструкция, применение и управление защитой энергосистем, система управления подстанцией, автоматизация, мониторинг и регистрация полученных данных, система учета и взаимодействия на подстанции для удаленного управления и мониторинга.

Предпочтительными тематиками для докладов являлись:

1. Новые схемы защит и автоматики на основе развития систем связи;
- Были рассмотрены следующие вопросы:
- ✓ Новые схемы, созданные в результате развития систем связи между подстанциями;
 - ✓ Анализ устойчивости энергосистем и принятие мер для сохранения устойчивости;
 - ✓ Новые схемы, созданные в результате развития систем связи внутри подстанции;
 - ✓ Система управления для повышения рентабельности, а также техническое обслуживание.
2. Международный стандарт связи на подстанциях IEC 61850;
- IEC 61850* – уникальный стандарт для обеспечения взаимодействия на коммуникационном, информационном и техническом уровне.
- Были рассмотрены следующие вопросы:
- ✓ Требования пользователей;

- ✓ Стандартизация и профили процесса;
- ✓ Технические инструменты;
- ✓ Тестирование и проведение техобслуживание.

Стоит отметить, что развитие коммуникационных технологий обеспечивает возможность для развития релейной защиты и автоматизации. За последние годы появилось несколько новых защит и схем контроля для быстродействующей защиты, системного контроля и распределенной генерации.

На 45 сессии CIGRE также прошла техническая выставка, где были представлена продукция как известных марок, специализирующихся на крупном электроэнергетическом оборудовании, средствах измерений и контроля, различных программных комплексах (*ALSTOM, Shneider Electric, Siemens, ABB, Hitachi, Toshiba, RTE, Etap, National Instrument, Omexom*), так и небольших фирм (*Sprecon-E, NR Electronic Co, Kocos, Kalkitech, Sifang*) занимающихся производством оборудования исключительно под заказ.

В рамках сессии была организована экскурсия в офис сетевой компании *RTE*, где была представлена возможность познакомиться с методами математического моделирования сетей во Франции, а также поработать в специализированной компьютерной программе, разработанной для управления рынком электроэнергии как внутри страны, так и для работы с межсистемными связями.

Помимо этого в рамках взаимодействия молодежных секций национальных комитетов различных стран был проведен молодежный круглый стол, в котором приняли участие студенты, аспиранты и молодые инженеры более чем из десяти стран. Состоялась встреча с Крисом Джонсом - руководителем рабочей группы *CIGRE*, который рассказал о введении в *CIGRE* с 2015 года категории членства в *CIGRE* «студенты», которая позволяет студентам получить бесплатный доступ к базе научных исследований *CIGRE* и льготные условия регистрации на мероприятия *CIGRE*. Также поднимались вопросы о материальной поддержке молодых ученых со стороны национальных комитетов для получения возможности принятия участия в мероприятиях *CIGRE*.

В рамках молодежного круглого стола представители других стран были приглашены принять участие в мероприятиях, проводимых вузами России, в том числе в V Международной научно-технической конференции студентов и аспирантов «Энергетика глазами молодежи», которая проводится в ноябре 2014 г. на базе НИ ТПУ (Томск).

В ходе общения со студентами других стран на стенде «young members», появилась возможность обсудить методы преподавания и актуальные направления исследований молодых ученых Германии, Австралии, Великобритании, Японии. Общение с молодыми специалистами позволит в будущем развивать отношения и сотрудничать с ведущими зарубежными вуза-

ми и позволит развивать российскую науку в рамках актуальных мировых тенденций.

Информация по кафедре ЭЭС.

В настоящее время на кафедре ведутся научные работы по следующим тема-
тикам:

- ✓ Разработка быстродействующих и эффективных алгоритмов расчета установившихся и переходных режимов ЭЭС, анализа статической и динамической устойчивости, диагностики динамических свойств объединенных электроэнергетических систем
- ✓ Повышение эффективности функционирования электроэнергетических систем, содержащих новые управляемые элементы (статические тиристорные компенсаторы, фазорегулирующие трансформаторы и др.
- ✓ Проблемы управляемых межсистемных связей с применением АС ЭМПК
- ✓ Проблемы надежности электроэнергетических систем. Научно-технические и методические аспекты подготовки и повышения квалификации оперативно-диспетчерского персонала энергосистем.
- ✓ Разработка методов исследования режимов работы ЭЭС с мощными вентильными преобразователями. Синтез законов цифрового регулирования и адаптивного (комплексного) управления элементами ЭЭС.
- ✓ Создание автоматизированной системы научных исследований на базе электродинамической модели и персональной ЭВМ. Развитие теории подобия и ее применение для повышения эффективности расчетных и экспериментальных исследований. Проблемы обеспечения качества электроэнергии в электрических сетях и системах электроснабжения.
- ✓ Автоматизированные системы управления распределительными электрическими сетями.
- ✓ Конструкции воздушных линий электропередачи.
- ✓ Гибкие системы передачи электроэнергии.
- ✓ Анализ устойчивости и динамических свойств энергосистем
- ✓ Оптимизация структуры и параметров систем электроснабжения

Приложение 6
к отчету об участии студентов по линии Молодежной секции в составе делегации Российского национального комитета в 45-й сессии и заседаниях рабочих органов CIGRE

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
"Ивановский государственный энергетический университет им. В.И.
Ленина"

ОТЧЕТ

Аспиранта Шадрикова Т.Е. об участии в 45-й Сессии
СИГРЭ в г. Париж, Франция, 24-29 августа 2014 г.



Во время 45 сессии СИГРЭ, проходившей в Париже (Франция) с 24 по 29 августа 2014 я посетил заседания рабочих комитетов, технологическую выставку, молодежный форум, стенды ведущих электроэнергетических компаний, секцию постеров по тематикам рабочих комитетов СИГРЭ.

Церемония открытия состоялась 24 августа, после процедуры регистрации и прошла в центральном зале Дворца конгрессов. Церемонию открытия вел действующий председатель СИГРЭ Карл Фройлих. Были подведены итоги работы за 2 предыдущих года, прошла церемония награждения международных активных деятелей СИГРЭ. От российского национального комитета СИГРЭ был награжден дипломом и медалью член-корр. РАН, д.т.н., профессор Дьяков Анатолий Федорович. В ходе церемонии открытия с докладом выступал президент компании PJM Терри Бостон, он рассказал о ключевых проблемах и вызовах мировой энергетики: создание хранилищ энергии, противостояние стихийным бедствиям и восстановление энергетики после них, развитие HVDC линий и т.д.

В ходе сессии я принял участие в заседаниях следующих исследовательских комитетов:

- SC B3: Substations (Подстанции);
- SC B4: HVDC and Power electronics (Электропередачи постоянным током высокого напряжения и силовая электроника).



Рис.1. Церемония открытия 45 сессии СИГРЭ. Большой зал палаты конгресса

Комитет В3 интересен отражением наиболее важных проблем и исследований в области подстанционного оборудования. В рамках работы секции В3 «Подстанции» доклады были посвящены применению батарей на подстанциях, в особенности много докладчиков выступало от энергетической компании Китая «State Grid China», делившихся опытом накопления энергии. Был представлен доклад о проведении тестов по нагреванию и измерению

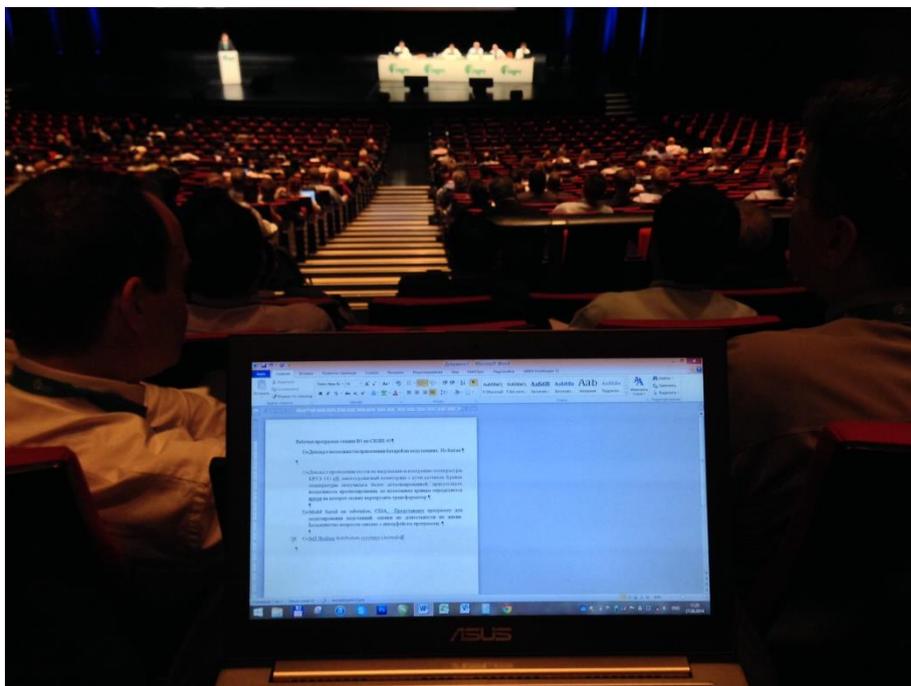


Рис.2. Конспектирование работы секции на заседании комитета В3

температуры КРУЭ 145 кВ. Многоуровневый мониторинг с множества датчиков позволяет отразить кривую температуры более детализированно и благодаря этому прогнозировать по возможным кривым время, на которое можно перегрузить трансформатор. Представлена программа для моделирования уровня технического состояния подстанций, оценки длительности их

жизни. Большинство заданных вопросов касались интерфейса программы, ее актуальности и востребованности.

Актуальной темой было и применение реклоузеров (выключатели компактного исполнения, совмещающие в себе средства измерения и релейной защиты) на линиях и подстанциях для повышения надёжности и функциональности сети в целом. Обсуждались существующие архитектуры построения РЗА, отмечалось, что они слишком сложны и запутанны, требуются новые решения. Возможные решения: 1) сократить число подключенных устройств, встроить средства управления измерениями в управление переключениями; 2) постепенная эволюция систем и оборудования, повышение уровня напряжения для надежной и бесперебойной работы системы.

В связи с возрастающей ролью цифровых подстанций и вендоров, которые их производят, поднимался вопрос о совместимости касательно протокола IEC 61850. Должна быть унификация, чтобы оборудование было совместимо. Проблемы, которые предстоит решить производителям для цифровых подстанций, это – сертификация оборудования, заземление, ЭМС, надежные цифровые защиты. При тестировании цифровой подстанции (Альстом) LPIТ заменяют собой NCIT на цифровой подстанции. И в общем, цифровая сеть должна строиться на оптических кабелях и высокоскоростных шинах для мгновенного обмена данными.

Значительное внимание уделено сроку службы GIS и GIL, прогнозированию остаточного срока службы, что является актуальной проблемой для стран Европы и мегаполисов. «Гвоздем» программы стала презентация компании Альстом о новом газообразном диэлектрике g^3 , который заменит элегаз и уже применяется в оборудовании, выпускаемом компанией. Абсолютно нетоксичен, обладает такой же электрической прочностью, как и элегаз. Компания уверена, что новый материал найдет широкое применение в будущем.

С большим интересом принял участие в работе комитета В4, т.к. в феврале 2014 года благодаря СИГРЭ и ИГЭУ мне удалось пройти полуторамесячную стажировку в Высшей Школе Электрики (Supelec), тематика стажировки была связана с моделированием HVDC линий и устройств автоматики и телемеханики.

Заседание комитета В4 по высоковольтным линиям постоянного тока собрало больше всего участников Технической программы Сессии. Доклады и обсуждения базировались на следующих тематиках – применение гибридных выключателей постоянного тока (как механическая часть, так и силовая электроника), вопросы разработки схем подстанций с малым количеством ВПТ или их отсутствием, разработка систем UHVDC 1100 кВ на базе оборудования производства АВВ в пустыне Сахара, Африке и Бразилии, проблемы измерения напряжения и тока постоянных величин и множеством самых различных областей, связанных так или иначе с постоянным током.

В рамках 45 Сессии СИГРЭ прошла Техническая выставка, где ведущие компании электроэнергетической отрасли представили свою продукцию и разработки.

Для меня, как аспиранта, ведущего научные исследования, на выставке задачей № 1 было получение контактов с ведущими производителями оборудования и ПО, чтобы использовать их в своей научной деятельности и способствовать обновлению парка обучающей техники в ИГЭУ.

Удалось наладить контакт с проектировочными и инжиниринговыми компаниями, а также с компаниями – производителями проводов, средств защиты и управления, и достичь договоренностей о предоставлении образцов оборудования для университета.

Компании Fenics и High Voltage Inc представили оборудование для локализации и диагностики полимерных кабелей. Крупные холдинговые компании, такие как Сименс, Тошиба и АВВ представили различные устройства и автоматику к ним.

Производители программ моделирования охотно поделились контактами и готовы предоставить скидку вузу для приобретения своих продуктов, оказать всяческую поддержку (EMTP-RV, NI и прочие).

Контакты, установленные на выставке показаны в таблице 1

Компания	Контактное лицо	Результат
Zapel (Польша)	Natalia Bondarchuk	Поставка изоляторов из полимерных материалов ВУЗ для исследований
Opal-RT (Франция)	Pierre BOISON-NEAULT	Возможность предоставления максимальной скидки при покупке OPAL-RT для ВУЗа
PВ (Великобритания)	Parsons Brinckerhoff	Занимаются оборудованием для фиксации частичных разрядов, могут дать скидку ВУЗу
Streamer (Россия)	Екатерина Васина	Можно работать в области молниезащиты и совершенствования разрядников на ЛЭП
Таткабель (Россия)	Григорьев Станислав	Могут поставить образцы кабелей (СПЭ) для испытательного полигона в ИГЭУ
WATLAB (Франция)	Francois HUSSENOT	Проводят обучение как инженеров, так и преподавателей ВУЗов, аналог ФПК в ИГЭУ. Возможна скидка на программы обучения при заключении договора с ИГЭУ
High VOLTAGE (США)	Ed Kirby	Занимаются созданием, продажей установок СНЧ для испытания кабелей с СПЭ изоляцией, могут дать установку для обучения студентов
ZTT (Китай)	Bu Xiaorong, Bruce	Производят оборудования для охлаждения HVDC система (станций преобразования), готовы поставить в ИГЭУ – если будем заниматься HVDC

Компания	Контактное лицо	Результат
Uvirco Tech (Южная Африка)	RIAN ROSSOUW	Инфракрасное и телевизионное, УФ оборудования для мониторинга ПС и ЛЭП на предмет короны и замыканий. Один из биноклей готовы предоставить для обучения студентов.
Phenix System AG	Lutz Ulbrich	Один из мировых лидеров в области испытаний кабелей с любой изоляцией. Готовы контактировать с ИГЭУ.
State Grid Smart Grid Research Inst (Китай)	Weihua Xu	Сотрудничество по вопросам HVDC. Пригласили в Пекин в институт, готовы предоставить бесплатно технику для лаборатории по HVDC.
HIGH VOLT (Германия)	Thomas STEINER	Для ИГЭУ готовы предоставить одну из установок для испытания кабелей, бесплатно.
b2 High-Voltage (Австрия)	Rudolf Blank	Предоставят одну из установок, нужно наладить контакты.
Seba KMT (Германия)	Denial Gotz	Нужно связаться и попросить оборудования, смогут предоставить бесплатно
Infolytica (Великобритания)	Константин Слабенко	Можно получить скидку 95% для ВУЗа при покупке полного пакета программ для моделирования.
Mohaupt high voltage (Австрия)	Laurenz Pieber	Специализируется на испытательном высоковольтном оборудовании свыше 100 кВ, готовы поставлять оборудование, но сделают лишь скидку.
Smart Grid Wire (США)	Deetlev Kirsten	Производит оборудование для компенсации реактивной мощности, устанавливаемое на проводе ЛЭП

Большинство компаний пошли на диалог, в том числе для того, чтобы обучать студентов на современном оборудовании, и способствовать продвижению своей продукции на рынке РФ.

Полный список контактов (визитных карточек) представлен в приложении № 1 к отчету.

В ходе сессии СИГРЭ удалось встретиться в Жан-Клодом Ванье, возглавляющем факультет электроэнергетики в Supélec, с которым мы познакомились в ходе февральской стажировки.

Отдельное внимание было уделено освещению мероприятий молодежной секции РНК СИГРЭ и представление их на Международном уровне. Среди них особо выделялись Международные олимпиады по Электротехнике и Электроэнергетике в ИГЭУ. Были приглашены на предстоящую в ноябре

олимпиаду «[Электроэнергетика - 2014](#)» представители немецких вузов (Дармштадт, Карлсруе, Архем и пр.) и представителей Supélec. Они высказали заинтересованность в посещении олимпиад и продолжения сотрудничества с РНК СИГРЭ. Помимо этого было объявлено о V Международной конференции «[Электроэнергетика глазами молодежи – 2014](#)», проводимой с 10 по 14 ноября 2014 г. на базе в НИУ ТПУ (Томск), и все участники молодежных секций были туда приглашены. К проведению молодежного круглого стола были подготовлены материалы о конференциях и олимпиадах на английском языке.

Техническая программа 45-й Сессии включала ежедневные выставки постеров (стендовые доклады). Я посетил секции постеров А2, А3, В2 В5. Касательно тематик исследования молодых ученых в направлении А2 следует отметить, что в основном они сосредоточены на методах диагностики остаточного ресурса и своевременного прогнозирования замены/ремонта силового оборудования. Анализ неисправностей преимущественно был посвящен решению проблем с высоковольтной изоляцией и вытекающими из нее проблемами – прогнозирование ресурса силового мощного оборудования, связанного с прогнозом работы изоляции. Проблемы при создании ЛЭП на СВН тоже обуславливаются созданием оптимальной с точки зрения надежности и стоимости изоляции.

В рамках сессии был организован молодежный стенд, где представители разных молодежных комитетов СИГРЭ со всего мира общались, знакомились друг с другом и налаживали деловые контакты. Среди участников были представители NGN Germany, молодые инженеры из Австралии, США, Японии. Общение было действительно полезным и живым, т.к. делиться опытом с представителями из разных стран – это крайне полезная возможность. В ходе круглого стола в рамках молодежного дня состоялось выступление Андреаса Кубиса, руководителя немецкой NGN, о взаимодействии между комитетами различных стран. Отмечены лидирующие позиции РНК СИГРЭ в активности по работе с молодыми членами. В своем выступлении Гофман А.В. рассказал окружающим о мероприятиях, проводимых РНК СИГРЭ в РФ, и методиках привлечения молодых инженеров, исследователей в рабочие группы. Были также затронуты вопросы мобильности членов СИГРЭ между разными странами, вопрос публикаций в ведущих рецензируемых журналах и участие в Европейских и Международных публикациях. Часть контактов (визитных карточек) приведена в приложении № 2 к отчету.

Подводя итог, хочется отметить, что участие в мероприятиях такого масштаба и уровня стало возможным благодаря РНК СИГРЭ и Гофману А.В. Для меня участие в 45 сессии СИГРЭ это реальная возможность диалога, знакомства и полезных контактов, которые пригодятся и вузу, и мне в моей диссертации. Это шанс быть на острие прогресса в электроэнергетической отрасли и общаться с ведущими специалистами и компаниями.

Приложение 7

к отчету об участии студентов по линии Молодежной секции в составе делегации Российского национального комитета в 45-й сессии и заседаниях рабочих органов CIGRE

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
"Ивановский государственный энергетический университет им. В.И.
Ленина"

ОТЧЕТ

Аспиранта Яблокова А.А. об участии в 45-й Сессии
СИГРЭ в г.Париж, Франция, 24-29 августа 2014 г.



Программа Сессии была довольно насыщенной, в нее вошли: заседания исследовательских комитетов по вращающимся электрическим машинам (А1), силовым трансформаторам (А2), высоковольтному оборудованию (А3) и другим направлениям; молодежный форум «Young Member Forum»; техническая выставка; постер сессии по направлениям деятельности СИГРЭ; открытые обсуждения. Молодежные секции СИГРЭ имели свой стенд, на котором дежурил каждый участник из Молодежной Секции РНК СИГРЭ. На сессии обсуждались не только актуальные проблемы современной электроэнергетики, но и проблемы, с которыми сталкиваются молодые электроэнергетики.

В рамках 45-й сессии СИГРЭ мне удалось побывать на двух заседаниях исследовательских комитетов: Высоковольтное оборудование (А3) и высоковольтные линии постоянного тока и силовая электроника (В4).

Заседание исследовательского комитета А3 было посвящено следующим основным темам:

- 1) оборудование для АС и DC подстанций для удовлетворения новых потребностей;
- 2) оборудование для распределительных систем будущего;
- 3) новые требования для проектирования, тестирования и моделирования оборудования;
- 4) техническая поддержка, мониторинг и диагностика оборудования;
- 5) влияющие факторы на надежность работы оборудования;
- 6) влияние экстремальных условий эксплуатации на работу оборудования (влияние окружающей среды: температуры, влажности, земле-

трясений и др.; системные явления: короткие замыкания, перенапряжения и др.)

Наибольший интерес для меня представили пять докладов, посвященных исследованиям и разработкам измерительных трансформаторов.

В докладе АЗ-106 были представлены два типа лабораторных делителей напряжения с аналоговым выходом для измерения напряжения в высоковольтных линиях постоянного тока (HVDC), используемые для систем калибровки. Основными причинами разработки устройств измерения напряжения на dc-стороне являются:

- Сложная топология электрической сети с несколькими операторами, занимающимися торговлей энергией, вызывает трудности в определении расчетной модели, приемлемой для всех.
- Преобразователь напряжения источника (VSC) может быть использован для статической компенсации реактивной мощности соответствующей сети переменного тока, что приводит к потерям в преобразователе, которые не связаны с переданной dc-энергией.

Первый из лабораторных делителей был разработан еще в 1980 году и был основан на проволочных резисторах с очень высокой стабильностью. Он состоит из модулей, в каждом из которых находится по 25 резисторов. Каждый модуль оснащен защитой от возникновения короны. Делитель в 1000 кВ состоит из 24 модулей, номинальный ток которого 160 мкА. При таком токе величина выделяющейся мощности составляет 0,256 Вт, что не значительно, так как резисторы находятся в воздухе и хорошо охлаждаются. Авторы указывают средний температурный коэффициент расширения модулей равным $(1,5 \pm 1,0) \cdot 10^{-6}/\text{K}$, однако по графикам, которые они приводят видно, что некоторые модули имеют коэффициент равный $60 \cdot 10^{-6}/\text{K}$. Также неопределенным осталось влияние токов утечки вдоль тела резистивного делителя на его точность.

Второй делитель напряжения также является модульным и переносным, он был разработан авторами в 2012-2013 годах. Каждый модуль рассчитан на напряжение 200 кВ. Конструкция модуля представляет собой концентрический двойной делитель с центрально расположенным точным резистивно-емкостным делителем, окруженным защищающим резистивно-емкостным делителем. Защищающий делитель предназначен для исключения влияния емкости кабеля на выходной сигнал (на точность измерения). Резистивная часть делителя выполнена из тонкопленочных резисторов Caddock с высокой стабильностью. Емкостная часть делителя выполнена из сухих полимерных делителей. Делитель может использоваться для измерения постоянного и переменного токов.

К недостаткам данного делителя напряжения можно отнести: отсутствие цифрового выхода, взрывоопасность (в качестве изоляции используется газ под давлением), дополнительное обслуживание, связанное с проверкой давления газа.

В докладе авторы касались системы калибровки для измерительных устройств энергии, передаваемой по высоковольтным линиям постоянного тока, с аналоговым и цифровым выходами.

В докладе АЗ-111 показано, что резистивно-емкостные делители позволяют измерять напряжения от постоянных значений (за счет резистивной части) до изменяющихся с частотой в десятки МГц (за счет емкостной части). Их точность в основном зависит от температуры и амплитуды вариаций напряжения. На простейшем случае, теоретически выведено, что влияние температуры на коэффициент трансформации будет отсутствовать в случае равенства температурного коэффициента сопротивления (емкости) первичной части делителя температурному коэффициенту сопротивления (емкости) вторичной части делителя. Проведены исследования влияния двух типов емкостей на линейность зависимостей погрешности и фазового сдвига от вариаций напряжения. Показано, что погрешность напряжения и фазовая погрешность имеют максимальное значение вблизи само-резонансной частоты резистивно-емкостного делителя. Резонанс возникает из-за наличия паразитных индуктивностей конденсаторов.

Доклад АЗ-107 был посвящен методам диагностики емкостных делителей напряжения. В докладе АЗ-112 авторы представили результаты исследований пояса Рогосвского, выполненного на печатной плате.

Заседание исследовательского комитета по высоковольтным линиям и силовой электронике В4 проходило по трем основным направлениям:

- 1) системы высоковольтных линий постоянного тока, оборудование и применение;
- 2) оборудование FACTS и применение;
- 3) разработки в области силовой электроники.

На данном заседании наибольший интерес для меня представляли системы высоковольтных линий постоянного тока (HVDC), поскольку в этом году мой коллега и я прошли обучения по принципам построения таких систем в Высшей школе электричества (Supélec). В докладах рассказывали про:

- 1) внедрение систем HVDC в разных странах (Китай, Бразилия, Австралия и др.), их структура и управление;
- 2) опыт эксплуатации систем HVDC построенных на LCC (Line Commutate Converter) и VSC (Voltage Sourced Converter);
- 3) преимущества и недостатки LCC и VSC;
- 4) DC выключатели (в том числе гибридные) и блокировку преобразователей;
- 5) экономический выбор напряжения линии постоянного тока для разных стран (так было показано, что для Бразилии это 800 кВ);
- 6) разработки измерительных трансформаторов для HVDC систем (для измерения постоянного напряжения была представлена разработка лабораторного резистивного делителя);
- 7) надежность систем HVDC и многое другое.

В целом системам HVDC было посвящено более 30 докладов.

На технической выставке, проходившей в рамках 45 Сессии СИГРЭ, ведущие мировые производители оборудования, такие как ALSTOM Grid, Schneider Electric и др., представили новейшие разработки в области электроэнергетики. За время выставки нам удалось посетить стенды следующих компаний:

- 1) National Instruments. В НОЦ «Высоковольтные цифровые трансформаторы тока и напряжения» в ИГЭУ имеется оборудование, бесплатно предоставленное фирмой, на базе которого ведутся исследования. Представители представили новинки оборудования. Появились договоренности о предпродажной поставке специализированного программного обеспечения.
- 2) KYLAND. Занимается разработкой сетевого оборудования, особое внимание уделяет вопросам синхронизации с системой точного времени. В будущем предполагается создание системы на основе GLONASS. Возможна поставка оборудования для современной лаборатории кафедры электрических станций и подстанций.
- 3) WATLAB. Компания специализируется в области обучения инженеров, ведутся как теоретические, так и практические занятия. Особый интерес представляет программа обучения протоколу IEC 61850.
- 4) Infolytica. Компания разрабатывает и поставляет программу по расчету магнитных, электрических и тепловых полей электрооборудования методом конечных элементов. Достигнута договоренность о специальной цене на программные продукты.
- 5) CIRED. Получили приглашения на участие в 23 Международной конференции и выставке по распределению электроэнергии.
- 6) NR Electric Co., Ltd. Компания ведет разработку оборудования для Цифровых подстанций, HVDC линий, возобновляемой энергетики и др. Наиболее интересны разработки в области электронных и оптических трансформаторов тока и напряжения.
- 7) Siemens. Наиболее интересной оказалась разработка нетрадиционного измерительного трансформатора тока и напряжения на основе пояса Роговского и емкостного делителя напряжения. Трансформатор выполнен в виде кольца и предназначен для GIS.
- 8) Maxwell. Выпускают высоковольтные емкости.
- 9) C-EPRI Electric Power Engineering Co, Ltd. Занимается разработкой преобразователей для высоковольтных линий постоянного тока. Получены договоренности о бесплатной поставке оборудования для исследовательской лаборатории.
- 10) IQ Sitems. Занимается разработкой оптических трансформаторов напряжения.
- 11) PSCAD. Разработка и продажа программного обеспечения по расчету электрических сетей. Получены договоренности о предоставлении демо-версий и специальных цен.
- 12) Hitachi Chemical. Производят аккумуляторы для индустрии.

- 13) Toshiba. Компания представила новинки оборудования в области аккумулирования электроэнергии, высоковольтных линий постоянного тока, измерительного оборудования и т.д. Появилась договоренность о возможной поставке преобразователей для HVDC в лабораторию ИГЭУ.
- 14) ZAPEL. Производит покрышки и разного рода изоляторы.
- 15) Kalkitech. Производят решения для преобразования одного протокола в другой, например Modbus в IEC 61850.
- 16) SCHNIEWINDT. Производят электронные измерительные трансформаторы для HVDC на класс напряжения 1000 кВ.
- 17) SoCe. Производят коммуникационные платы на основе ПЛИС, например, для протокола IEC 61850.
- 18) Triangle MicroWorks, INC. Занимаются разработкой и продажей протокола IEC 61850. Получены договоренности о получении специальной цены на реализацию протокола в части Sampled Value.
- 19) Metal deploye resistor. Производят широкий класс резисторов, в том числе высоковольтных и высокоточных.
- 20) PFIFFNER. Производят высоковольтный делитель напряжения (маслонаполненный или элегазовый) на напряжения 72-550 кВ.

На постер сессиях нашли отражение статьи, включенные в электронный сборник статей 45 Сессии СИГРЭ. Они давали возможность обсудить заинтересовавшие статьи и доклады, представленные авторами на заседаниях исследовательских комитетов. Мне удалось посетить постер сессии по направлениям А1, А3, В4, В5.

В рамках технической выставки на 45-й сессии СИГРЭ работал стенд молодежных секций СИГРЭ разных стран мира. На стенде постоянно дежурили представители российской и немецкой молодежных секций. Также стенд посещали представители молодежных секций из Китая, Великобритании, США, Норвегии. Дежурство на стенде позволило установить контакты с представителями зарубежных молодежных секций. Особенно, дружественные отношения сложились с представителями немецкой молодежной секции. Во время дежурства представители Ивановского государственного энергетического университета во главе с Аркадием Владиславовичем Макаровым, активно приглашали к участию в олимпиаде по электроэнергетике, которая пройдет в ноябре в ИГЭУ.

Во время 45-й сессии СИГРЭ также состоялась встреча с деканом кафедры Высшей школы электричества J.-C. Vannier, на которой в этом году мы проходили стажировку. J.-C. Vannier выразил желание привезти две команды для участия в олимпиаде по электроэнергетике, а также заинтересованность в дальнейшем научном сотрудничестве ИГЭУ и Supélec.

Также желание участия в конференции выразили и представители немецких вузов.

Во время моего дежурства (когда представители молодежных стран посещали офис компании RTE) стенд посещали представители национальных комитетов Бразилии и Индонезии, заинтересованные созданием в рамках их

комитетов Молодежных секций, поэтому очень сильно интересовались работой Молодежной секции РНК СИГРЕ. За все время моего дежурства стенд посетили больше 20 человек.

Благодаря активному участию в мероприятиях Молодежной секции РНК СИГРЭ с 2012 года, я получил возможность поучаствовать в 45-й сессии СИГРЭ. В аналогичных мероприятиях я участвовал и раньше, но на сессии СИГРЭ впервые. Хотелось бы отметить высокий уровень проведения, что позволило провести время на сессии очень плодотворно.

Тема моей диссертации «Разработка и исследование цифровых трансформаторов напряжения для интеллектуальной электроэнергетической системы с активно-адаптивной сетью». Множество статей, докладов на заседаниях исследовательских комитетов и заинтересованность зарубежных производителей высоковольтного измерительного оборудования подтвердили актуальность проводимой работы.

Молодежный форум, проходивший в рамках 45-й сессии СИГРЭ, затронул множество насущных проблем молодых электроэнергетиков, среди которых: публикация статей в журналах, индексируемых в международных базах данных Scopus и Web of Science, финансирование поездок на зарубежные конференции, снижение регистрационных взносов для молодых членов СИГРЭ и много другое.

В ходе посещения экспозиций энергетических компаний в рамках технической выставки, появились договоренности о возможности бесплатной поставки не только оборудования, но и программного обеспечения для исследований, проводимых в рамках моей диссертации.

Кроме того, мы узнали о новой рабочей группе В3.39 «Impact of NCIT applications on HV Gas Insulated Switchgear» (апрель 2014 - декабрь 2017), в которую мы также можем войти и продолжить исследования на мировом уровне.

Представители Ивановского государственного энергетического университета во главе с Аркадием Владиславовичем Макаровым, пригласили большое количество зарубежных вузов к участию в олимпиаде по электроэнергетике, которая пройдет в ноябре в ИГЭУ. Желание выразили представители Supélec и представители немецких вузов.

Основным результатом участия в 45-й сессии СИГРЭ для меня является то, что я установил контакты с молодыми электроэнергетиками, в число которых входят не только студенты и аспиранты российских и зарубежных вузов, но молодых талантливых инженеров из зарубежных компаний, что поможет в дальнейшем в моей работе.

В заключение, от лица молодежной делегации и себя лично, я хотел бы выразить благодарность руководителям РНК СИГРЭ за предоставленную возможность участия в 45-й сессии СИГРЭ.

Приложение 8

к отчету об участии студентов по линии Молодежной секции в составе делегации Российского национального комитета в 45-й сессии и заседаниях рабочих органов CIGRE

ФГБОУ ВПО " Новосибирский Государственный Технический Университет "

ОТЧЕТ

Студента кафедры ТЭВН Хмелика М.С. об участии в 45-й Сессии СИГРЭ в г.Париж, Франция, 24-29 августа 2014 г.



Во время 45 сессии СИГРЭ, проходившей в Париже (Франция) с 24 по 29 августа 2014 мною были посещены заседания следующих исследовательских комитетов (Study Committee):

- SC B2: Воздушные линии электропередач
- SC B1: Кабельные линии электропередачи
- SC C6: Распределенная генерация.

Так как моя магистерская работа посвящена изучению характеристик коронного разряда на линиях СВН и УСВН, наибольший интерес для меня представляло заседание группы B2.

Заседание B2 было посвящено нескольким темам: конструктивному исполнению, установке, а также эксплуатации ВЛ. Эти темы включают создание и испытание новых компонентов: проводников, заземляющих устройств, изоляторов, а также изучение работающих линий, возможности продления их срока службы, повышения пропускной способности и обновления компонентов.

Предпочтительные темы заседания группы B2 были:

1. Снижение последствий внедрения новых ВЛ
 - a. Конструкторские решения и эксплуатация
 - b. Воздействие на окружающую среду
 - c. Визуальное восприятие
 - d. Конструктивные решения и опыт эксплуатации переходов ВЛ-КЛ
2. Надежность и оптимизация конструкции
 - a. Инструменты и методы
 - b. Новые конструкции и снижение издержек на создание эксплуатацию
3. Установка и эксплуатация проводов
 - a. Методы установки, эксплуатации и замены проводников
 - b. Эксплуатация и механические характеристики новых конструкций расщепленной фазы

Мое внимание, в основном, было уделено следующим вопросам:

- Повышение напряжения начала короны
- Коронный разряд на линиях постоянного напряжения
- Новые конструкции фаз воздушных линий

Одним из возможных решений стало применение проводников сплетенных из нитей трапецеидального сечения. Таким образом, сильно снижается коэффициент неравномерности, что, согласно исследованию в статье В2-112, снизило звуковые помехи почти на 30%.

Другим вариантом стало замена расщепленной фазы с 2 на 3 составляющие на линии 400 кВ. Испытания были проведены в высоковольтной лаборатории для 14 ситуаций: 1) различное расположение проводников в пространстве, 2) с и без специального гидрофобного покрытия, 3) с проводниками собранными из ниток круглого или трапецеидального сечения и др. Были измерены наведенной напряжения на линии связи и напряжение начала короны в сухом и увлажненном состоянии. Также были смоделированы различные конструкции фазы и вычислены напряженности на поверхности проводников.

На основе этого исследования было принято решение выбрать фазу с 3 составляющими, принимая во внимание экономический эффект, результаты механических расчетов, тип элементов и пр.

Техническая выставка

Одним из самых важных событий сессии была техническая выставка оборудования, где ведущие компании мира представляли свои новейшие разработки и концепции. Были представлены электроэнергетические объекты, начиная с новейших проводников, заканчивая фрагментами элегазового РУ.



Рисунок 3 – Варианты исполнения проводников.

Благодаря использованию композитных материалов, такие проводники могут выдерживать большие механические нагрузки, при этом обладают меньшим весом. При этом вся нагрузка, при перепадах температур, перекладывается с алюминия на композитный сердечник из-за того, что он не подвергается растяжению/сжатию, а также закреплен с помощью специального устройства в лодке. В зависимости от желания заказчика, предлагаются раз-

личные конструкции поперечных сечений проводников фазы. Так, к примеру, для повышения пропускной способности линии, при тех же механических нагрузках, используется самый нижний проводник на рисунке 1. С другой стороны, если необходимо улучшить механические характеристики, производится замена на проводник с композитным сердечником.



Рисунок 4 – Некоторые возможные варианты сечений проводников.

Другим интересным экспонатом стал трехфазный вакуумный выключатель на 72 кВ. К сожалению, консультант у стэнда не смог ответить на вопрос каким образом специалистам компании TOSHIBA удалось побороть проблему гашения дуги в вакууме на таком напряжении.

Однако, стоит отметить, что технология уже используется на одном из японских предприятий. По утверждениям сотрудников компании, технология является очень перспективной и сейчас уже ведутся разработки дугогасительных камер на более высокие напряжения.

Другие типы выключателей также представили компании ALSTORM и ABB (рисунок 6 и 7, фрагмент элегазового РУ с несколькими переходами, а также полностью оборудованный датчиками) и Siemens (рисунок 8, выключатель на постоянном токе, номинальное напряжение: 320 кВ).



Рисунок 5 – Юлия Загайнова (ТПУ) у вакуумного трехфазного выключателя производства фирмы TOSHIBA



Рисунок 6 – Павел Банных напротив фрагмента элегазового РУ компании ALSTORM



Рисунок 7 – Элегазовый выключатель компании ABB

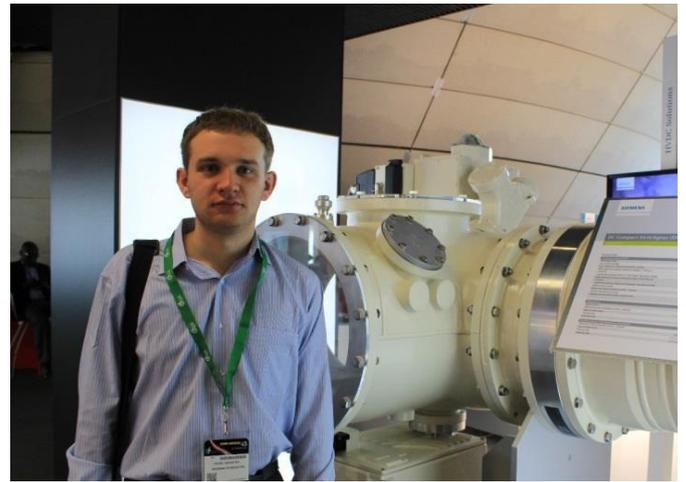


Рисунок 8 – Павел Банних напротив выключателя постоянного тока на напряжения 320 кВ, производства компании SIEMENS

На выставке очень много различных компаний представили свою кабельную продукцию. Наиболее обширная и интересная выставка на эту тему была у компании NEXANS. Ниже представлены некоторые фрагменты кабельных линий.



Рисунок 9 – Глубоководный (до 2.5 км) трехфазный кабель на несколько классов напряжения с отдельными каналами для передачи информации.



Рисунок 10 – Подводный трехфазный кабель на номинальное напряжение до 245 кВ для связи оффшорных ветровых электростанций с материком.



Рисунок 11 – Несколько вариантов исполнения кабельных линий на средний и высокий класс напряжения

Заключение

Участие в 45 сессии СИГРЭ позволило мне познакомиться с ведущими разработками компаний-лидеров на рынке электроэнергетики. Это не только расширило мои знания: узнал о новейших разработках в области измерений и испытания оборудования, начиная от высокоточных устройств выявления коронного разряда, заканчивая пилотируемыми дронами для инспекций ВЛ, но и позволило оценить какие тенденции к развитию электроэнергетики существуют в мире, а также понять какие разработки, возможно, следует вести и в России.

На мой взгляд, наиболее важным событием во время всей сессии стала возможность познакомиться с зарубежными коллегами. Благодаря нашей поездке, я установил тесный контакт со всеми членами немецкой делегации и в данный момент поддерживаю связь с Маркусом Мэйтзем, который оказался прекрасным специалистом.

Хотелось бы выразить благодарность всей молодежной секции РНК СИГРЭ и, в частности, А. В. Гофману за предоставленную возможность участвовать в этом грандиозном мероприятии.