

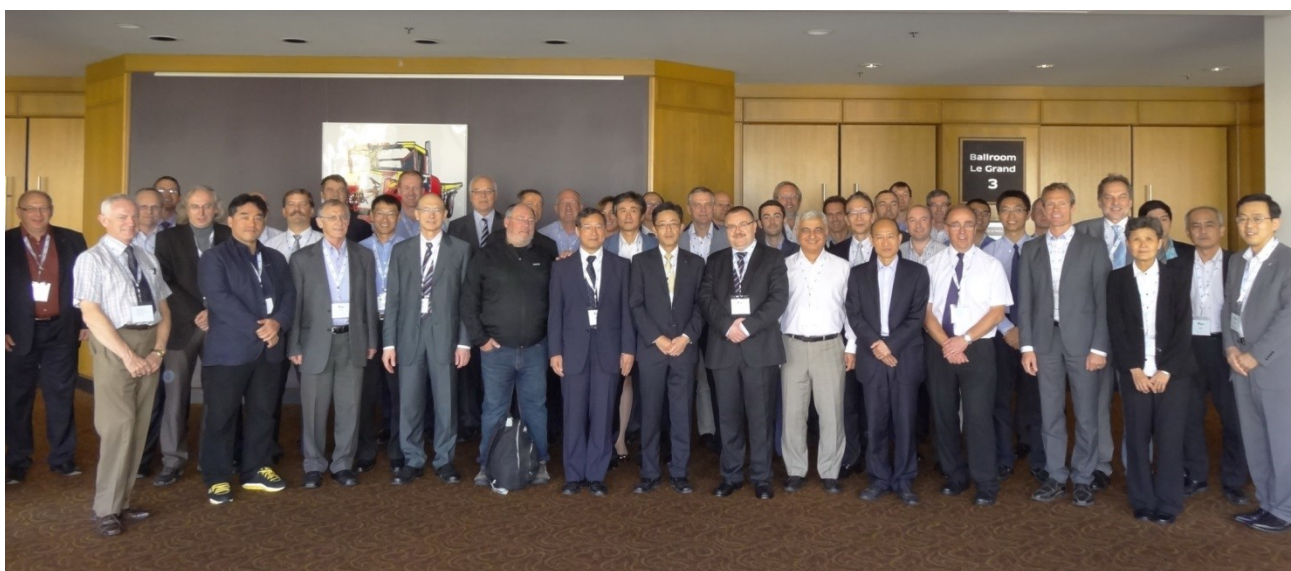


Некоммерческое партнерство «Российский национальный комитет Международного Совета по большим электрическим системам высокого напряжения» (РНК СИГРЭ)

109074, Россия, г. Москва, Китайгородский проезд, дом 7, стр.3. ОГРН 1037704033817.
ИНН 7704266666 / КПП 770401001. Тел.: +7 (495) 627-85-70. E-mail: cigre@cigre.ru

ОТЧЕТ

об участии в работе Совместного коллоквиума Исследовательских Комитетов В3 «Подстанции» и D1 «Материалы и разработка новых технологий» и заседании Исследовательского Комитета В3 СИГРЭ «Подстанции» в г. Брисбен, Австралия, с 09 по 13 сентября 2013 года



Отчет подготовил:

Дарьян Леонид Альбертович,

д.т.н., проф., наблюдательный член ИК В3 СИГРЭ «Подстанции», заместитель Директора по аналитической работе ЗАО «Техническая инспекция ЕЭС»

Контактные данные:

E-mail: jdarian@rambler.ru

Тел. +7 (985) 220-07-41

Дата составления отчета:

05.11.2013

Москва,
2013 год

СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение	3
2. Программа коллоквиума.....	4
3. Обзор докладов, представленных на коллоквиуме	6
3.1. Тема 1. «Последние разработки в конструкциях подстанций»	6
3.2. Тема 2. «Применение современных материалов и новых методов испытаний для оборудования подстанций»	12
3.3. Тема 3. «Управление жизненным циклом и техническое обслуживание».....	18
4. Заседание Исследовательского комитета ВЗ СИГРЭ «Подстанции»	40
5. Выводы и предложения	46

1. Введение

В настоящее время электроэнергетические компании во всем мире сталкиваются со значительными изменениями, связанными с увеличением распределенной и возобновляемой генерации, технологией «умных» электроэнергетических систем, проектированием и строительством цифровых подстанций, повышением уровня напряжения и ростом протяженности магистральных электрических сетей. Помимо расширения сетей в развивающихся странах, также необходима модернизация существующих сетей в высокоразвитых промышленных странах, где срок службы многих компонентов сети подходит к концу, в то время как спрос на электроэнергию продолжает расти. Эти перемены происходят в период повышения общественного интереса к стоимости электроэнергии, а также воздействию на окружающую среду. Лучшим решением данных проблем является привлечение передового мирового опыта в части применения новых технологий, дизайна, методов диагностики и технического обслуживания электрических сетей.

Тема совместного Коллоквиума «Управление подстанциями в энергосистемах будущего – тенденции в области технологий, дизайна, материалов и диагностики» Исследовательских комитетов СИГРЭ В3 «Подстанции» и D1 «Материалы и разработка новых технологий» отражает актуальные направления развития электроэнергетических систем.

Предпочтительными темами (далее – ПТ) коллоквиума были выбраны:

1. «Последние разработки в конструкциях подстанций»:
 - разработка и применение нового оборудования для подстанций (далее – ПС);
 - разработка и применение стандарта МЭК 61850, «нетрадиционные» измерительные трансформаторы, современные системы и протоколы передачи данных на новых ПС, а также их интеграция в уже существующие ПС;
 - мероприятия по охране окружающей среды, изменение климата, работа с элегазом и его замена.
2. «Применение современных материалов и новых методов испытаний для оборудования подстанций»:
 - новые разработки экологичных твердых, жидких и газообразных изоляционных материалов и их применение на ПС;
 - материалы по постоянному току высокого напряжения и методы диагностики воздействия напряжения постоянного тока;
 - опыт применения оборудования ультравысокого напряжения (далее-УВН) постоянного и переменного токов.
3. «Управление жизненным циклом и техническое обслуживание»:
 - опыт модернизации ПС и повышения их мощности;
 - оптимизация технического обслуживания, оценка срока службы и др.;

- повышение производительности оборудования ПС, надёжность мониторинга, диагностики и испытания оборудования.

В рамках данной проблематики было отобрано 45 докладов специалистов в области электроэнергетики по всему миру.

2. Программа коллоквиума

Понедельник. 9 сентября

8.30 – 9.00 – Регистрация

9.00 – 9.30 – Торжественное открытие коллоквиума – Терри Крейг, Жозеф Кайндерсбергер, Саймон Бартлет

9.30 – 10.00 – выступление основного докладчика – Терри Эффни (Генеральный директор Energex)

10.00-10.25 – доклады по ПТ 1 «Последние разработки в конструкциях подстанций»

10.25 – 10.35 – ответы на вопросы

10.35 – 11.05 – перерыв

11.05 – 11.40 – доклады по ПТ 1 «Последние разработки в конструкциях подстанций»

11.40 – 11.50 – ответы на вопросы

11.50 – 12.30 – доклады

12.30 – 12.45 – ответы на вопросы

12.45 – 13.50 – обед

13.45 – 14.30 – доклады по ПТ 3 «Управление жизненным циклом и техническое обслуживание»

14.30 – 14.45 – ответы на вопросы

14.45 – 15.15 – доклады по ПТ 2 «Применение современных материалов и новых методов испытаний для оборудования подстанций»

15.15 – 15.25 – ответы на вопросы

15.25 – 15.50 – перерыв

15.50 – 16.35 – доклады по ПТ 2 «Применение современных материалов и новых методов испытаний для оборудования подстанций»

16.35 – 16.50 – ответы на вопросы

16.50 – 17.20 – доклады

17.20 – 17.35 – ответы на вопросы

Вторник. 10 сентября

8.30 – 9.15 – доклады по ПТ 1 «Последние разработки в конструкциях подстанций»

9.15 – 9.30 – ответы на вопросы

9.30 – 10.00 – доклады по ПТ 3 «Управление жизненным циклом и техническое обслуживание»

10.00 – 10.15 – ответы на вопросы

10.15 – 10.45 – перерыв
10.45 – 11.30 - доклады по ПТ 3 «Управление жизненным циклом и техническое обслуживание»
11.30 – 11.45 – ответы на вопросы
11.45 – 12.15 – доклады
12.15 – 12.30 – ответы на вопросы
12.30 – 13.30 – обед
13.30 – 14.15 – доклады по ПТ 3 «Управление жизненным циклом и техническое обслуживание»
14.15 – 14.30 – ответы на вопросы
14.30 – 15.00 - доклады
15.00 – 15.15 – ответы на вопросы
15.15 – 15.40 – перерыв
15.40 – 16.15 – доклады по ПТ 3 «Управление жизненным циклом и техническое обслуживание»
16.15 – 16.30 – ответы на вопросы
16.30 – 17.10 – доклады
17.10 – 17.25 – ответы на вопросы
Окончание коллоквиума

Среда. 11 сентября

Практический семинар по теме «Элегаз – проблемы электроэнергетических систем будущего»
8.30 – 8.45 – вступительное слово
8.45 – 8.50 – доклад «Вопросы применения элегаза» (Terry Krieg)
8.50 – 9.15 – «Международная ситуация – региональные проблемы» (Peter Glaubitz)
9.15 – 9.40 – «Анализ элегаза и управление остаточным сроком службы КРУЭ» (Eamonn Duggan, Karsten Pohlink)
9.40 – 9.50 – дискуссия
«Круглый стол» на тему «Управление активами»
9.50 – 10.15 – «Обзор диагностики и оценки состояния высоковольтного оборудования» (Uwe Schichler, Wojciech Koltunowicz)
10.15 – 10.35 – перерыв
10.35 – 11.00 – «Оценка срока службы КРУЭ на основе опыта технического обслуживания и диагностики» (Claus Newman)
11.00 – 11.10 – дискуссия
«Круглый стол» на тему «Вопросы по конструкциям подстанций»
11.10 – 11.35 – «Использование воздуха вместо элегаза в испытаниях РУ на воздействие внутренней дуги» (Jose Lopez-Roldan)
11.35 – 12.00 – «Газовые смеси и их альтернативы» (Alain Girodet)
12.00 – 12.10 – дискуссия
12.05 – 12.30 – подведение итогов
12.30 – 13.30 – обед

13.45 – 17.45 – поездка на демонстрацию работ под напряжением на ПС Powerlink South Pine

3. Обзор докладов, представленных на коллоквиуме

На совместном коллоквиуме ИК В3 и D1 и были представлены доклады представителей ИК по 3-м преференциальным темам.

3.1. Тема 1. «Последние разработки в конструкциях подстанций»

1) «Высокотехнологичные и экологичные решения для КРУЭ» (Petra Rudenko, Maik Behne, Peter Glaubitz; SIEMENS, Германия)

Описана история развития элегазового оборудования, тенденции рынка и требования заказчиков при покупке элегазового оборудования, анализ причин, влияющих на устойчивую работу элегазового оборудования, вопросы хранения элегаза и др.

Авторы отметили следующие важные моменты:

- основными требованиями к разработчикам и изготовителям КРУЭ являются повышение номинальных токов, повышение устойчивости к токам короткого замыкания (далее-КЗ), компактность – сокращение используемого объема элегаза, снижение материалоемкости и утечек элегаза;
- КРУЭ может быть использовано в подвальном помещении высотных зданий, торговых центров, промышленных предприятий или мобильных ПС за счет гибкой конструкции и возможности расширения;
- необходимость применения новых газоплотных материалов для снижения утечек элегаза.

2) «Управление жизненным циклом элегаза на подстанциях» (Wei Cai, Zhigang Li, Chun Deng, Haiying Xing, North China Electric power research institute, КНР; Yunsheng Sun, Dawei Yang, JIBEI electric power company, КНР)

Приводится опыт Китая по работе с элегазовым оборудованием на подстанциях - управление жизненным циклом на основе данных мониторинга, позволяющих:

- сократить выбросы элегаза в процессе эксплуатации;
- совершенствовать регламент работы с SF₆;
- модернизировать системы мониторинга элегазового оборудования.

3) «Применение распределительных устройств, не содержащих элегаз» (Michael Newton, Andrew Renton; Transpower, Новая Зеландия)

Описаны испытания распределительного устройства класса напряжения 66 кВ, не содержащего элегаза.

Показаны направления исследований по снижению применения элегаза или его замене на другие газы или их смеси:

- элегаз, содержащий 5% азота;
- чистый азот;
- сухой воздух (80% - азот, 20% - кислород, с небольшой влажностью);
- углекислый газ.

В высоковольтных выключателях альтернативными решениями применения элегаза являются:

- вакуум;
- углекислый газ.

Компания Transpower проводит испытания выключателей, не содержащих элегаз. В качестве изоляционной среды применяются вакуум, сухой воздух и двуокись углерода. При успешном проведении испытаний, компания Transpower заменит элегазовые выключатели класса напряжения 66 кВ к 2013 году, а выключатели класса напряжения 110 кВ к 2015 году. Использование данной технологии позволит компании Transpower сократить стоимость налога на выброс загрязняющих веществ в атмосферу, а также снизить затраты на применение элегаза.

4) «Восстановление ОРУ на 500 кВ с использованием компактных модулей в Британской Колумбии» (Toly Messinger, Eddy Burt, BC Hydro, Канада; Peter Glaubitz, SIEMENS, Германия)

Описан процесс реновации важной узловой ПС Ingledow на 500 кВ, которая имеет 6 силовых трансформаторов и соединена 5 линиями на 500 кВ и 9 линиями на 230 кВ.

В работе были указаны следующие требования к ПС:

Требования к системам переключения:

- предельно допустимый ток КЗ – 50 кА, максимально допустимый номинальный ток- 4000А, восстанавливающееся напряжение – 1350 кВ, пружинный привод;
- отсутствие резисторов закрытого типа.

Другие требования:

- высокая сейсмостойкость;
- трансформаторы тока (далее-ТТ) с пониженным содержанием масла, полимерные вводы и изоляторы;
- стойкость к внутренней дуге.

Выбор решения по замене оборудования в рамках модернизации:

1) замена существующих маломасляных выключателей на новые элегазовые выключатели с отдельно стоящими ТТ и разъединителями;

2) замена на компактные модули с элегазовыми выключателями, ТТ, разъединителями и заземляющими устройствами;

3) замена на КРУЭ.

В ходе оценки применения данных решений по направлениям сокращения затрат в течение срока службы, повышения эксплуатационной надежности и доступности оборудования и уменьшения угрозы безопасности и возникновения дополнительного ущерба, было принято решение о применении компактных модулей.



Рис.1 Применение компактных решений на ПС

В докладе также было представлено сравнение достоинств и недостатков компактных решений.

Достоинства:

- повышение безопасности и надежности;
- быстрая установка и пуско-наладка;
- увеличение срока службы;
- сокращение эксплуатационных затрат.

Недостатки:

- низкая оперативность замены оборудования при возникновении неисправности;
- ограничение нижнего предела рабочей температуры до -30°C .

Данный проект не был закончен в срок в связи с 10 аварийными отключениями в зимний и летний периоды. Отмечено, что основным условием успешного выполнения проекта было руководство проектом производителем оборудования. Также важным условием являлась согласованность действий между руководителем проекта и энергетическим предприятием.

5) «Стоимость индивидуального проектирования высоковольтных подстанций» (Gerald Buchs, Charles Guillod, Sascha Wyss, Friedrich Spirig; Alpiq Enertrans, Швейцария)

В докладе приведено сравнение индивидуального и стандартного подходов к конструированию ПС, решение вопроса резерва средств в случае непред-

виденных расходов, оптимизация групп больших трансформаторов, а также описан процесс интеграции проекта.

Показано, что использование индивидуального проектирования для ПС высокого напряжения и сверхвысокого напряжения не является экономически выгодным решением. Однако, в некоторых случаях такой подход возможен в сочетании с согласованием конкретных требований и применением инженерно-консультационных услуг, которые позволят наиболее выгодно использовать существующие решения и накопленный опыт.

6) «Системы заземления – Обзор» (Tony Mitton, Mitton instruments ltd, Новая Зеландия)

Заземление является неотъемлемым компонентом любой энергетической системы. Большинство систем заземления продолжают нормально функционировать и после 50 лет эксплуатации. При этом медь становится все более дорогостоящим компонентом, и ее кража является большой проблемой.

Представлен обзор систем заземления, новые методики испытаний, а также последние разработки в области конструирования.

Рассмотрены вопросы безопасности, конструирования систем заземления и методики их испытаний. Отмечено, что проектированию систем заземления зачастую не уделяется должного внимания. А также подчеркнут тот факт, что, несмотря на наличие доступного программного обеспечения по конструированию систем заземления, наблюдается нехватка квалифицированных инженеров, обладающих необходимыми знаниями и опытом конструирования или проведения испытаний систем заземления. Также описаны законодательные акты и стандарты, регулирующие вопросы, связанные с системами заземления.

Отмечено, что традиционная конструкция системы заземления является наиболее эффективной в большинстве случаев. Дальнейшее повышение эффективности затрат и безопасности возможно на основе анализа всей доступной информации по данной теме, а также создания и применения современных конструкций.

7) «Конструкции систем заземления – Примеры» (Stephen Palmer, Bill Tocher, Darren Woodhouse; Safearth consulting, Австралия)

Приведено исследование вопросов, относящихся к конструкциям систем заземления: обоснование необходимости более глубокого анализа сценариев отказа систем заземления, рассмотрение альтернатив для более эффективных конструкций систем заземления с многочисленными сценариями отказов, а также демонстрация управления системами заземления на основе суммы сопутствующих рисков.

Показано, что для оценки рисков необходим анализ соотношения между выгодой и риском. Анализ подтверждает, что подверженность риску высоковольтного (далее-ВВ) оборудования не может быть описана только на основе факторов риска в зоне ПС.

Приводится описание метода, упрощающего проверку и последующий анализ рисков выхода из строя ВВ оборудования, связанных с заземлением.

8) «Приемо-сдаточные испытания подстанции, спроектированной на основе стандарта МЭК 61850» - (Ian Young, Schneider Electric, Австралия; James Cole, Endeavour Energy, Австралия)

Описан проект создания ПС на основе стандарта МЭК 61850. Данный проект, рассчитанный на срок 18 месяцев, включает в себя выбор продукта, проектирование, установку и испытания. В данный проект входят 18 интеллектуальных электронных устройств, 6 переключателей, дистанционный датчик и простой синхронизирующий сетевой протокол (SNTP). В данной работе также проведен обзор приемо-сдаточных испытаний данной ПС.

Сделаны следующие выводы:

1) Возможность пересмотра подходов:

- процесс изменения занимает 1-2 года;
Стандарт 61850 работает, но необходима его адаптация с целью удовлетворения потребностей.
- использование различных сфер экспертизы (SCADA, защита, управление, полевые испытания).

2) Преимущества специализированных испытаний:

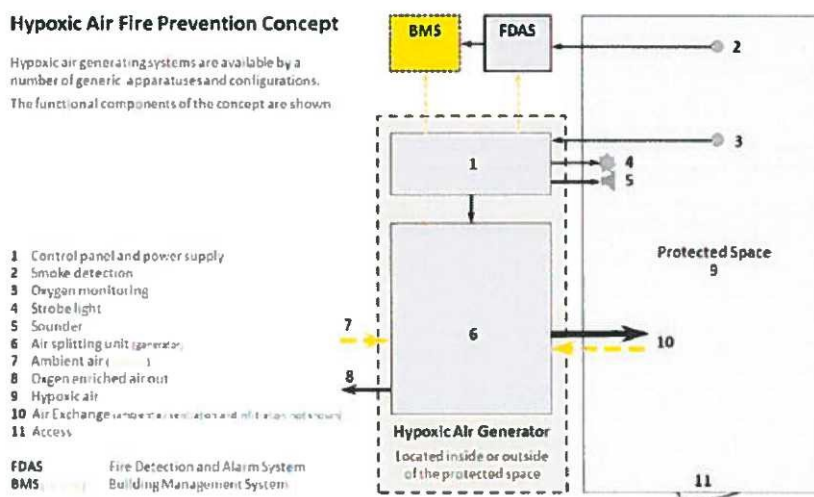
- связь с реальными установками;
- существенные размеры финансирования;
- необходимость хорошей экспертизы стандарта.

3) Большой потенциал стандарта:

- Функциональность, построенная на структуре систем связи;
- Необходимость понимания и утверждения в условиях автономной работы.

9) «Гипоксическая система предотвращения пожара для ЗРУ» (Andrew Renton, Transpower, Новая Зеландия)

Описана гипоксическая система предотвращения пожара для ЗРУ, которая может быть использована в архивах, библиотеках, музеях или центрах баз данных. Данная система носит превентивный характер, при котором изменяет соотношение азот/кислород с целью предотвращения воспламенения.



Компания Transpower предлагает устанавливать такие системы в закрытых помещениях, например, с релейным оборудованием, а также в серверных.

Внедрение таких систем будет способствовать повышению безопасности эксплуатации.

10) «Сейсмостойкая конструкция подстанции и меры по восстановлению оборудования подстанции в результате Великого восточно-японского землетрясения 11 марта 2011 года» (Ichiro Ohno, Tomoaki Ito, Takayuki Kobayashi, Tokyo electric power company, Япония)

Описаны последствия Великого восточно-японского землетрясения, меры по восстановлению, оценка антисейсмических мероприятий и методы восстановления.

Антисейсмические меры по типам оборудования:

1) Воздушный выключатель:

500 кВ, 275 кВ – установка демпферных устройств;
154 кВ или выше – установка анкерных изоляторов.

2) Разъединители:

275 кВ или ниже – усиление стальных рам.

3) Фарфоровые предохранители:

500 кВ - установка демпферных устройств;
500 кВ или ниже - усиление стальных рам.

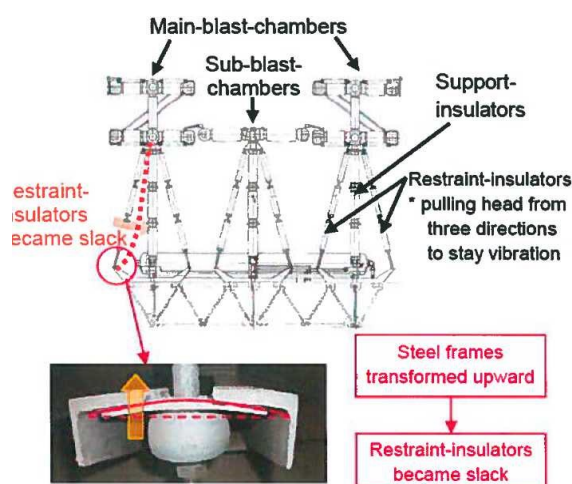


Рис. 1 Варианты повреждения воздушных выключателей

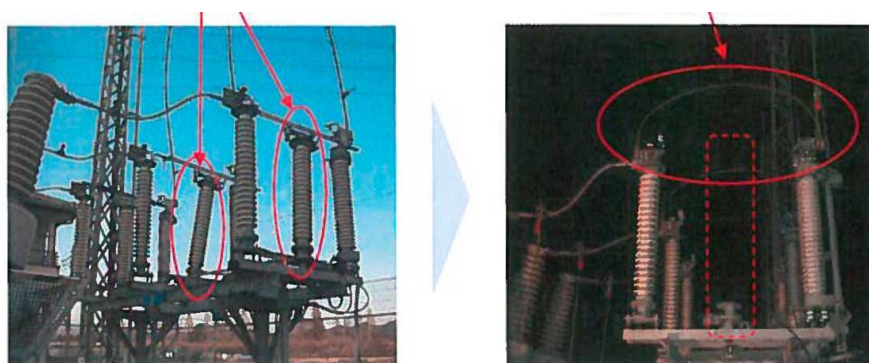


Рис.2 Установка демпферных устройств

Восстановление оборудования на ПС выглядело следующим образом:

Оборудование	Способы восстановления
Трансформаторы, выключатели	Передвижной трансформатор Передвижной выключатель
Разъединители	Прямое соединение с проводами (отвод)
ОПН	Размонтированы

Несмотря на то, что Великое восточно-японское землетрясение 11 марта 2011 года было одним из самых сильных в мире, коэффициент повреждения был достаточно низким и неисправности были ликвидированы в течение 1 недели.

Согласно анализу, некоторые виды оборудования имели более высокий коэффициент повреждения. Последствия землетрясения показали важность оценки мер по усилению защиты оборудования с учетом наименее защищенных элементов оборудования.

Отмечена важность подготовки к процессу восстановления заранее, также как и оценки повреждений, обеспечения необходимыми материалами и запасными частями и т.д.

- 11) «Проблемы, возникающие в процессе модернизации подстанции в районе, особо важном с точки зрения охраны окружающей среды» (Dharmendra Yoga, Daniel Burn; Transgrid, Австралия)

Описан процесс модернизации ПС Munyang, которая расположена в высокогорном районе в черте национального парка. Изначально на ПС находилось 2 маслонаполненных трансформатора 132/33 кВ 30 МВА. Так как ПС находится в особо важном с точки зрения охраны окружающей среды районе, было принято решение замены устаревших трансформаторов на 2 газонаполненных трансформатора Mitsubishi 132/33/11 кВ 60 МВА SF₆.

Представлены варианты замены трансформаторов в рамках подобной модернизации, их преимущества и недостатки, а также описан сам проект.

В итоге замена 2-х трансформаторов в рамках модернизации ПС прошла успешно, без экологических происшествий. Первый трансформатор был успешно запущен в работу в мае 2012 года, а второй в марте 2013 года. Оба трансформатора работают исправно. Замена маслонаполненных трансформаторов сократила риски для окружающей среды и повысила надежность сети.

3.2. Тема 2. «Применение современных материалов и новых методов испытаний для оборудования подстанций»

- 1) «Новые виды электроизоляции для высоковольтных выключателей» (Н. Okubo, Aichi institute of technology, Япония; Н. Kojima, Nagoya university, Япония; К. Kato, National college of technology, Япония; N.

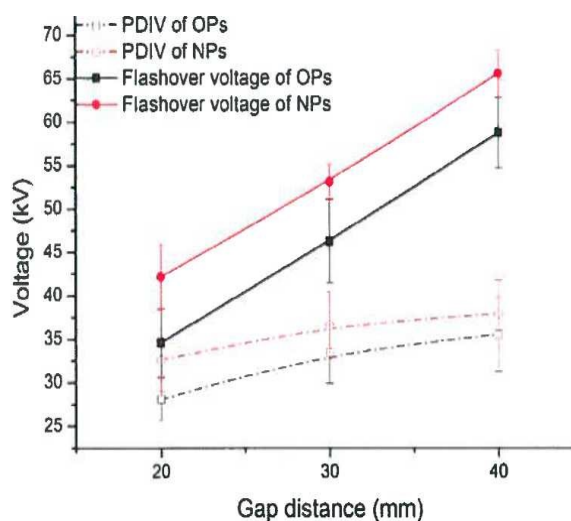
Hayakawa, Nagoya university, Япония; M. Hanai, Nagoya university, Япония)

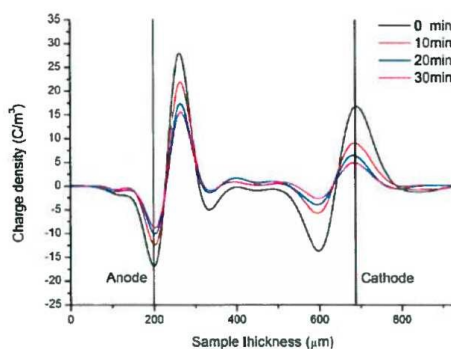
В рамках создания экологичных энергетических систем и выключателей, не содержащих элегаз, отмечена необходимость разработки современного вакуумного выключателя класса напряжения 110 кВ и выше.

С позиций разработки вакуумных выключателей более высоких классов напряжений рассмотрены последние достижения в области методов обеспечения электрической изоляции в вакууме: анализ электрического поля, методика оптимизации электрического поля, разработка электродных проводниковых материалов, характеристики процесса тренировки электродов многоззорных электродных систем (тренировка электродов искровыми разрядами и тренировка многоззорных электродных систем), а также локальное воздействие неисправностей, необходимые для повышения надежности изоляции и повышения рабочего напряжения до уровня передачи.

2) «Характеристики разрядов для картона, пропитанного наножидкостью на основе трансформаторного масла» (Zhou You, Lu Yu-Zhen, Li Cheng-Rong, Ma Kai-Bo, Zhang Sheng-Nan, Wang Wei; North China electric power university, Китай)

Скользкий разряд представляет большой интерес при конструировании изоляции трансформаторов и в то же время является одной из основных причин неисправностей трансформаторов. В последнее время для улучшения диэлектрических свойств трансформаторного масла применяются наночастицы с уникальными электрическими и физическими свойствами. Было показано, что характеристики масла могут быть улучшены путем добавления определённого количества наночастиц в масло. В работе было описано влияние наночастиц на поведение скользкого разряда под действием постоянного и переменного токов.





Масло/картон

В ходе исследования было показано, что:

- увеличивается напряжение перекрытия;
- повышается напряжение возникновения частичных разрядов в 1,16 раз;
- повышается пробивное напряжение диэлектрика в 1,22 раза;
- положительный импульс напряжения скользящего разряда увеличивается до 22,89%;
- скорость спадания объемного заряда выше в наножидкости по сравнению с маслом.

3) «Опыт эксплуатации трансформаторов с растительными маслами» (Daniel Martin, Hui Ma, Chandima Ekanayake, Tapan Saha, University of QUEENSLAND, Австралия; Nick Lelekakis, Monash university, Австралия; K. Williams, Western Power, Австралия)

Были рассмотрены следующие вопросы: какие изменения в трансформаторном масле являются приемлемыми? Что помогает определить проблему? Какие действия не следует предпринимать энергетическому предприятию по отношению к маслonaполненным трансформаторам?

В ходе работы было определено, что в трансформаторах с растительными маслами присутствуют повышенное содержание этана и повышенная влажность масла, а также было отмечено, что такие трансформаторы нельзя сушить с помощью потока горячего воздуха.

4) «Исследование альтернативных методов испытаний на воздействие внутренней дуги с целью ограничения применения элегаза» (Mark Kuschel, Matthias Bahr, Caroline Orth, Nazmir Presser; SIEMENS, Германия)

В рамках разработки КРУЭ существует ряд обязательных испытаний для подтверждения надежной работы. Короткие замыкания, внутреннее избыточное давление и локальный перегрев, вызванные электрической дугой, приводят к механическому и термическому воздействиям на оборудование. Длительность дуги определяется скоростью срабатывания систем защиты, – основной и резервной.

Описана установка и результаты испытания на воздействие внутренней дуги в воздухе вместо элегаза и др., приведены методы расчета и анализ полученных результатов.

В результате испытаний было показано следующее:

- в связи с различными физическими и химическими свойствами газа, процессы восстановления давления воздуха и элегаза значительно отличаются;
- в испытаниях на воздействие внутренней дуги с применением элегаза оборудование подвергается более сильному воздействию, чем в испытаниях с воздухом. Таким образом, элегаз не может быть заменен воздухом в испытаниях на воздействие внутренней дуги;
- так как результаты испытаний с применением элегаза не влияют на работоспособность защитного устройства, то с помощью предлагаемого испытательного устройства можно снизить потери элегаза в процессе типовых испытаний.

5) «Плотность поверхностных зарядов в изоляции КРУЭ под действием переменного и постоянного токов» (Bo Qi, Cheng-Rong Li, Zhao-Liang Xing, Zhi-Yang Jin, North China electric power university, China; Lin-Jie Zhao, Research Institute, China southern power grid, Китай)

Накопление поверхностных зарядов является одной из основных причин перекрытия поверхности изолятора КРУЭ. Поверхностные заряды не только усиливают интенсивность электрического поля, но способствуют появлению скользящего разряда, которые приводит к перекрытию изолятора. Для решения этой проблемы был разработан 3-хмерный манипулятор, описанный в данной работе.

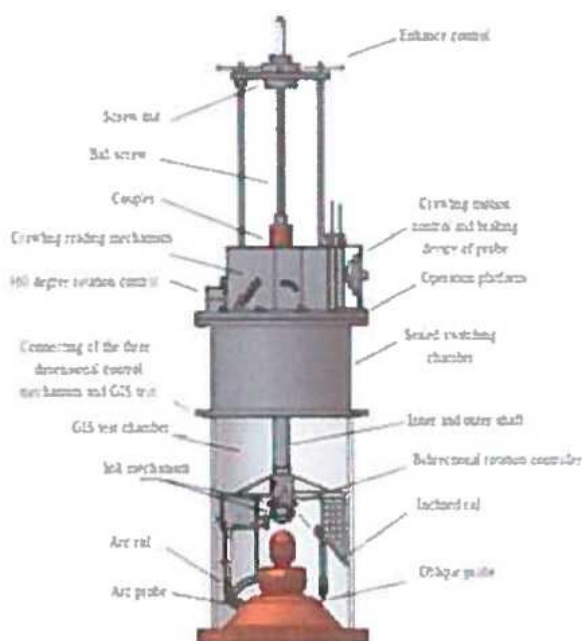


Рис.1 Структура 3-хмерного манипулятора

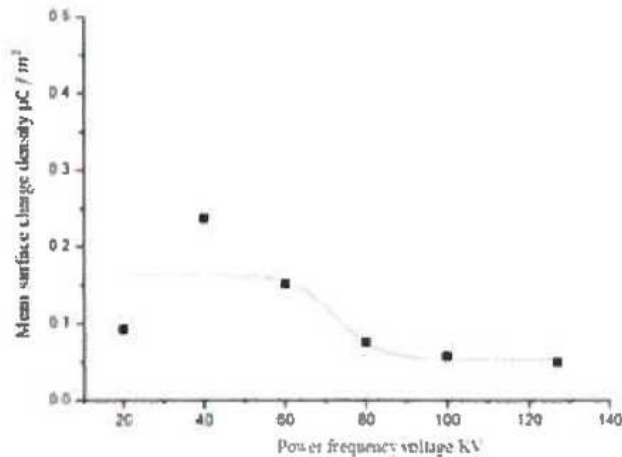


Рис.2 Значения средней плотности поверхностного заряда под действием различных амплитуд напряжения

В результате проведенных испытаний были получены следующее выводы:

1. Анализ накопления и распределения поверхностных зарядов в изоляторе под действием постоянного тока показал различные характеристики накопления под действием положительного и отрицательного напряжений постоянного тока, указывающие на наличие эффекта поляризации. Под действием положительного напряжения постоянного тока, большинство накопленных поверхностных зарядов являются положительными. При увеличении напряжения возрастает количество как положительных, так и отрицательных поверхностных зарядов. Поверхностные заряды имеют 2 пиковых положительных значения. При 100 кВ и выше появляется большее накопление отрицательных зарядов, а также в равной степени возрастают положительное и отрицательное пиковые значения. Отрицательное пиковое значение появляется прямо посередине позитивного значения под действием напряжения 90 кВ. При продолжении подачи напряжения средняя плотность поверхностного заряда повышается вплоть до насыщения. Под действием отрицательного напряжения все поверхностные заряды становятся отрицательными. При увеличении напряжения, возрастает количество поверхностных зарядов. При увеличении длительности напряжения, поверхностные заряды также увеличиваются вплоть до насыщения.

2. В ходе исследования накопления и распределения поверхностного заряда под действием переменного тока было выявлено, что поверхностные заряды под действием напряжения переменного тока представляют собой маленькие частичные разряды, вызванные повреждением около поверхности изолятора и/или электрода. Под действием напряжения переменного тока плотность поверхностных зарядов неустойчива. При увеличении напряжения накопление зарядов увеличивается, а затем идет на спад до полной стабилизации. Процесс распределения поверхностных зарядов, по-видимому, является гомогенным. Максимальное значение средней плотности поверхностного заряда было зафиксировано на уровне $0,23 \text{ мкКл/м}^2$, а устойчивое значение – $0,046$

мкКл /м². При продолжении подачи напряжения, возрастает количество поверхностных зарядов, особенно отрицательных. Средняя плотность поверхностного заряда является низкой, со средним значением ниже 0,096 мкКл /м².

- 6) «Компактные изоляционные системы Газ-Твердое тело для установок высокого напряжения постоянного тока» (Michael Tenzer, Volker Hinrichsen, Technische universität darmstadt, Германия; Axel Winter, Josef Kindersberger, Technische universität münchen, Германия; Denis Imamovic, SIEMENS, Германия)

При конструировании компактных изоляционных систем Газ-Твердое тело для установок высокого напряжения постоянного тока, особое внимание уделяется распределению электрического поля, в частности при переходных процессах. С целью определения удельной электропроводности поверхности при передаче и распределении электрического поля, была разработана имитационная модель, которая учитывает физические процессы электропроводности в газах.

С целью доказательства влияния объемной электропроводности на изоляционные системы, в работе приведены исследования изоляционного материала из эпоксидного компаунда, обеспечивающего хорошо контролируруемую электропроводность.

Получены следующие результаты:

- достоверность имитационной модели доказана измерениями поверхностного потенциала изоляторов без покрытия с небольшой электропроводностью поверхности и изоляторов с покрытием с высоким электрическим сопротивлением;
- проведенные испытания изоляционного материала из эпоксидного компаунда были признаны достаточно перспективными;
- исследования образцов эпоксидного компаунда показали целесообразность производства материалов из компаунда для электрических полей высокого напряжения.

- 7) «Полимерная изоляция – лаборатория материалов и испытания на месте» (Fabian Lehretz, Jens Seifert, LAPP Insulators, Германия; Ulf Gustke, C Gramsch, SEBAKMT, Германия)

Технология постоянного тока высокого напряжения вызывает большой интерес для передачи большой мощности электроэнергии на дальние расстояния. Потребность в разработанном и испытанном оборудовании, таком как кабели, вставки постоянного тока, постоянно растет. Полимерная изоляция играет большую роль в этом вопросе.

Описано применение полимерной изоляции для установок постоянного тока высокого напряжения (далее-ВН) и постоянного тока ультравысокого напряжения (далее-УВН), также представлены испытания полимерных изоляционных материалов, включая описание конструкций и материалов, а также результаты эксплуатационных испытаний.

8) «Испытания оборудования постоянного тока высокого и ультравысокого напряжения» (Ralf Pietsch, Thomas Steiner, Highvolt Prueftechnik Dresden, Германия)

Потребность передачи больших мощностей электроэнергии на дальние расстояния возрастает. В связи с этим также возрастает класс напряжения передачи постоянного тока. В настоящее время в эксплуатации находятся системы передачи постоянным током класса напряжения 800 кВ и разрабатываются системы более высокого класса напряжения. Для этого необходимо проводить испытания оборудования установок ПТВН (постоянного тока высокого напряжения). Для подобных испытаний необходима разработка специальных методик испытаний оборудования.

В работе описано несколько примеров специально сконструированного испытательного оборудования. Заявленный класс напряжения 2000 кВ и выше.

В ходе испытаний были получены следующие результаты:

- системы испытаний постоянным током работают в условиях сильного воздействия электрического поля;
- в процессе проведения испытаний происходит перераспределение электрического поля;
- при перераспределении электрического поля с течением времени меняется его полярность;
- тепловое и механическое воздействие оказывает сильное влияние на испытательную способность в рамках системы испытаний постоянным током при источнике переменного тока.

3.3. Тема 3. «Управление жизненным циклом и техническое обслуживание»

1) «Новые методы снижения рисков в рамках контроля надежности оборудования подстанций» (David Gibbs, Jose Lopez-Roldan, J.Keever, Powerlink Queensland, Австралия; David Allan, Powerlink Queensland & University of Queensland, Австралия)

Описаны стратегии и методики по снижению риска, принятые основными энергетическими предприятиями в Австралии для ОРУ класса напряжения до 330 кВ. Главным условием снижения рисков является тщательное проектирование ПС и их оборудования с целью уменьшения рисков возникновения неисправностей. Оперативное управление также является важным условием для снижения рисков, возникающих при работе персонала. Доказана необходимость проведения оценки рисков на основе данных по неисправностям энергетических предприятий.

В современных методиках оценки рисков применяются научно-технические достижения в части определения электромагнитных сигналов в радиодиапазоне, получаемых от частичных разрядов (далее-ЧР) в изоляции ПС. С помощью технологии УВЧ в диапазоне 500-1500 МГц могут быть определены опасные ЧР. В докладе описаны новые методики определения ЧР, начиная с

применения антенн и заканчивая УВЧ методом, которые подходят для компактных распределительных устройств и трансформаторов.

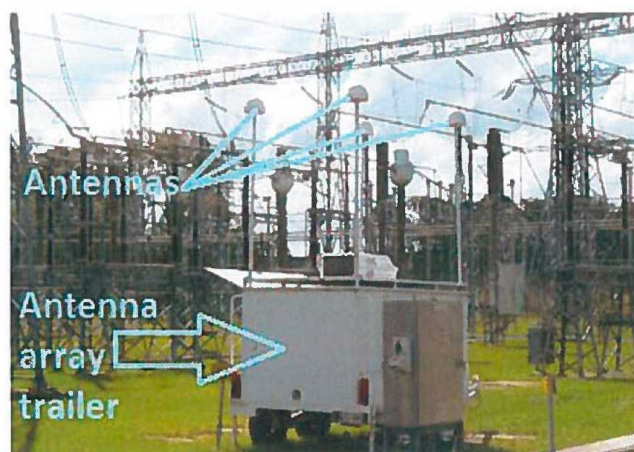


Рис.1 Антенна для мониторинга ЧР на ПС

2) «Оценка состояния трансформаторов в условиях испытаний, стимулирующих ускоренное старение» (Chandima Ekanayake, Tapan Saha, Hui Ma, Daniel Martin; University of Queensland, Австралия)

Рассмотрено ускоренное термическое и электрическое старение трансформаторов, приведены диагностические методики оценки состояния трансформаторов (метод восстанавливающегося напряжения, анализ частотных характеристик, анализ растворенных газов, определение влагосодержания), описаны различные схемы для определения и понимания процесса старения трансформаторов, а также продемонстрирована электротермическая модель, сконструированная для исследования распределения температур и изменения влажности в трансформаторах.

В ходе исследования были получены следующие выводы:

- для определения общего состояния изоляции трансформатора необходимо учитывать результаты измерений различных параметров;
- влажность влияет на диэлектрические характеристики бумажной изоляции, а также высокая электропроводность масла имеет негативное влияние на точность измерения влажности;
- изменения температуры во время измерений также должны быть учтены при анализе результатов;
- наблюдается взаимосвязь между химическим анализом и результатами измерений методом восстанавливающегося напряжения;
- электротермическая модель показывает точное тепловое распределение при измерениях методом восстанавливающегося напряжения. Данная модель может быть также использована для отображения распределения влажности в изоляции.

3) «Последние данные по оценке состояния вводов трансформаторов методом восстанавливающегося напряжения» (Christof Sumeder,

Graz University of technology, Австрия; Andreas Gumpinger, TIWAG, Австрия)

Рассмотрены способы диагностики ВВ, измерения на объекте, методика оценки состояния и т.д. В ходе работы было проведено сравнение новых методов испытаний, измерения в резервных вводах и на трансформаторах ПС, оценка состояния с результатами в части определения дефектов вводов, а также рекомендации по хранению и эксплуатации.

В ходе работы было доказано, что для вводов трансформаторов со сроком службы более 30 лет рекомендуется применение стратегии технического обслуживания на основе оценки состояния, ежегодные внешние осмотры, а также испытания методом восстанавливающегося напряжения каждые 5 лет (при подозрении возникновения неисправности интервал между проверками необходимо сократить).

Вводы должны храниться согласно рекомендациям производителя, например, в масле во избежание попадания влаги.

4) «Замыкания на землю – прошлое, настоящее и будущее, а также меры по снижению ущерба» (Dennis Keen, Connetics limited, Новая Зеландия)

Приведен обзор методов заземления, описаны преимущества ограничителей тока на землю, а также рассмотрены перспективные разработки в этой области.

В работе описаны способы определения и минимизации последствий замыканий на землю. Глухое заземление и использование заземляющего резистора совместно со средствами РЗА могут только изолировать неисправность, оставив при этом потребителей без энергии до полного восстановления или замены. Резонансное заземление и системы обнаружения КЗ могут минимизировать или даже ликвидировать замыкания на землю при непрерывном энергообеспечении потребителей. Недостатком резонансного заземления является невозможность сокращения межфазных КЗ.

Доказана необходимость развития резонансного заземления с целью смягчения последствий замыканий на землю. Современные системы (в частности, дугогасительная катушка) могут быть использованы для получения корректной информации о состоянии оборудования с целью улучшения надежности оборудования и безопасности потребителей.

5) «Ввод в эксплуатацию систем управления переключениями» - (De Carufel Serge, HYDRO-QUÉBEC, Канада; Mercier André, IREQ, Канада; Taillefer Pierre, Vizimax, Канада)

Приведено описание проблем, возникающих в системах управления переключением, ввод в эксплуатацию данных систем, а также продемонстрирована подача напряжения в шунтирующий реактор, блок конденсатора, силовой трансформатор.

Системы управления переключениями (СУП) устанавливаются на ПС с целью сокращения рисков возникновения неисправностей оборудования.

Преимущества: улучшение стабильности и надежности работы ПС, расширение функций мониторинга, увеличение срока службы оборудования.

Внедрение СУП должно быть хорошо подготовлено.

Важнейшим в работе СУП является использование полученных данных с целью оптимизации работы оборудования во время запуска и дальнейшей работы системы.

При включении системы в работу необходимо перенастроить все контролируемые значения.

В ходе исследования было выявлено, что СУП лучше работают для различных типов приложений, конфигураций сети, эксплуатационных ограничений (оптимальное количество испытаний, минимальное воздействие на оборудование).

Количество установленных СУП на ПС компании HYDRO-QUÉBEC растет, что позволяет накапливать и разделять с международным научным сообществом базу знаний по этому вопросу, а также обмениваться опытом с другими энергетическими компаниями.

- б) «Интеллектуальное управление потоком мощности и техническое обслуживание «Интеллектуальной системы управления сетями» (M. Hanai, H. Kojima, N. Hayakawa, Nagoya University, Япония; H. Okubo, AICHI Institute of technology, Япония)

Описано применение технологии «Интеллектуальная система управления сетями», основной алгоритм для оптимизации в данной технологии, выбор критериев, оценка надежности, модель системы передачи и распределения, эффективность технологии и др.

Авторы предложили технологию «Интеллектуальная система управления сетями» с целью нахождения баланса между экономической эффективностью и качеством электроэнергии в системе передачи и распределения, при этом все действия в системе передачи и распределения оцениваются как затраты «Интеллектуальной системы управления сетями».

Данная технология применяется для создания оптимальной сети передачи электроэнергии (интеллектуальные сети) и контроля повреждений (управление активами) с учетом коэффициента нагрузки трансформаторов.

Повреждение устаревших трансформаторов предотвращается путем уменьшения коэффициента их нагрузки или замены на новый трансформатор с более высоким коэффициентом нагрузки. В результате общие затраты на передачу и распределение уменьшаются.

- г) «Сравнительное исследование методик обработки сигналов для измерения частичных разрядов» (Jeffery Chan, Hui Ma, Tapan Saha; University of Queensland, Австралия)

Мониторинг состояния изоляционной системы важен для предотвращения неисправностей ВВ оборудования. Мониторинг ЧР является эффективным

и удобным средством он-лайн измерения состояния изоляции ВВ оборудования. Сигналы ЧР, получаемые при измерениях на ПС, зачастую не могут быть выделены от шума. Для того чтобы получить точные данные о состоянии изоляции, необходимо применять методы обработки сигналов для выделения сигналов ЧР от шума. В работе описаны и проанализированы 3 метода: вейвлет-преобразование, разложение по эмпирическим модам, групповое разложение по эмпирическим модам.

Помимо описания самих методов обработки сигналов для измерения ЧР, представлены результаты лабораторных испытаний на распределительных трансформаторах мощностью 10 кВа и 100 кВа и испытаний на ПС силового трансформатора мощностью 5 МВА.

Результаты испытаний подтверждают успешное выделение сигналов ЧР от шума с помощью всех трех методов. При этом результаты использования первого метода сильно зависят от выбранных функций элементарных волн. Использование второго метода не требует выбора функций элементарных волн, что допускает возможность неточного отделения сигналов ЧР от шума высокой частоты. Результаты использования третьего метода показывают наиболее эффективное выделение сигналов ЧР от шума.

- 8) «Эксплуатационный опыт применения оценки состояния КРУЭ/ОРУ с помощью систем мониторинга частичных разрядов» (Claus Neumann, Darmstadt university of technology, Германия; Uwe Schichler, SIEMENS, Германия; Zainuddin Aboo Dewa, ОАЭ)

КРУЭ, ОРУ характеризуются высокой степенью надежности и долгим сроком службы (1-е ПС находятся в эксплуатации более 40 лет). Анализ неисправностей показал, что чаще всего неисправности происходят либо на ранней стадии, либо после 25-35 лет эксплуатации.

Большинство неисправностей могут быть определены с помощью системы мониторинга ЧР (далее-МЧР). Данный метод определения неисправностей на ранней стадии является на сегодняшний день самым эффективным.

МЧР с помощью метода УВЧ имеет множество преимуществ, в частности меньшее влияние внешних возмущений (шумов) в сравнении с традиционным методом.

Сигнал ЧР зависит от месторасположения ЧР – корреляция между традиционным сигналом ЧР и УВЧ сигналом достигается путем проведения проверочных испытаний на чувствительность.

В работе описаны основная процедура оценки рисков, проверка на чувствительность, обработка результатов; оценка месторасположения и критичности источников ЧР; обнаружение неисправностей ЧР во время испытаний и эксплуатации.

В результате было показано, что МЧР с помощью метода УВЧ имеет множество преимуществ, однако зависит от месторасположения неисправности ЧР. Корреляция между традиционными измерениями ЧР и измерениями методом УВЧ может быть достигнута за счет проведения проверочных испытаний чувствительности.

Испытания доказали целесообразность использования МЧР для обнаружения источников ЧР и устранения неисправностей. Однако для оценки рисков необходимо наличие высококвалифицированного эксперта, владеющего знаниями о возможностях возникновения неисправностей и обстоятельствах их возникновения.

9) «Образование триинга в кабелях с изоляцией из сшитого полиэтилена при низких частотах» (Erling Ildstad, Electric power department, Norwegian university of science and technology, Норвегия)

Воздействие низкой частоты применяется при прямо-сдаточных, эксплуатационных и других видах испытаний.

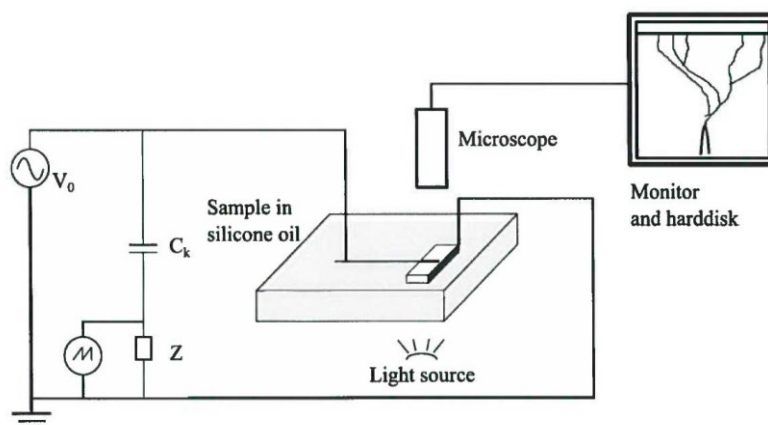


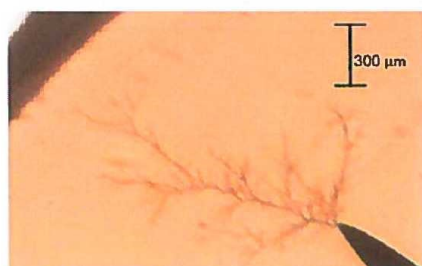
Рис.1 Экспериментальная установка для наблюдения за образованием триинга и обнаружения ЧР



a) Bush shaped electrical tree at 50 Hz, 10kV



b) Bush shaped electrical tree at 10 Hz, 14kV



c) Branch / filament type of tree at 1 Hz, 14kV



d) Branch / filament type of tree at 0.1 Hz, 14kV

Рис.1 Типичное образование триинга на частотах 50,10,1 и 0,1 Гц

a) триинг в виде куста при частоте 50 Гц, 10 кВ

b) триинг в виде куста при частоте 10 Гц, 14 кВ

c) ветвистый побег при частоте 1 Гц, 14 кВ

d) ветвистый побег при частоте 0,1 Гц, 14 кВ

На сегодняшний день не определено как механизмы электрического старения, например, появление и развитие триинга связаны со старением в условиях эксплуатации при частоте 50 Гц.

В данной работе были проанализированы возможные механизмы образования триинга, зависящие от частоты, а также представлены результаты лабораторных испытаний на кабелях с изоляцией из сшитого полиэтилена.

Получены следующие результаты:

- Высокая степень разветвления при высокой частоте связана с высокой активностью ЧР;
- Низкая степень разветвления и начальная скорость роста пропорциональны частоте напряжения ниже 5 Гц;
- Данная зависимость от частоты может быть объяснена следующей моделью:

- 3 канала в качестве резистора последовательно чередуются с емкостью области без триинга;

- скорость роста определена рассеянной энергией ЧР, зависящей от частоты и напряжения.

10) «Влияние продольной емкости обмоток трансформатора на колебания диапазона значений при анализе частотных характеристик трансформатора» (Mehdi Bagheri, Trevor Blackburn, Toan Phung, Zhenyu Liu; University of New South Wales, Австралия)

Анализ частотных характеристик трансформатора (далее – ЧХТ) является признанным методом диагностики электрического оборудования, особенно для определения состояния обмоток. Этот анализ предоставляет данные о состоянии изоляционных параметров трансформатора.

Характеристики анализа ЧХТ зависят от типа обмоток.

Несмотря на то, что анализ ЧХТ используется уже на протяжении нескольких лет, интерпретация спектра ЧХТ все еще находится в стадии разработки. Для достижения приемлемого уровня интерпретации результатов ЧХТ, должно быть исследовано и изучено влияние каждого распределенного параметра. На сегодняшний день количество проведенных исследований о влиянии распределенных параметров показывает, что необходимы более углубленные исследования для достижения соответствующего уровня интерпретации ЧХТ. Сопротивление обмотки трансформатора, собственная и взаимная индуктивность, а также продольная и шунтирующая емкости имеют разное воздействие на характеристики спектра. Данная работа направлена на исследование влияния продольной емкости на частотную характеристику спектра колебаний в диаграмме Боде. Поскольку различные типы обмоток трансформатора приводят к различным значениям продольных емкостей, в работе описано влияние продольной емкости обмоток трансформатора на колебания диапазона значений анализа ЧХТ, а также показаны вычисления продольных емкостей для каждого вида обмоток.

В анализе ЧХТ существуют два подхода при измерении передаточной функции в широком диапазоне частот: путем подачи импульса в обмотку или путем генерации частоты развертки с использованием синусоидального сигнала. Исходя из этого, измерение ЧХТ было выполнено на серийно выпускаемых обмотках для записи их частотных характеристик. Было проведено комплексное измерение частотных характеристик в полосе частот от 20 Гц до 2 МГц, при этом обмотки были расположены в воздухе. Ниже показаны значения и фазы частотных характеристик.

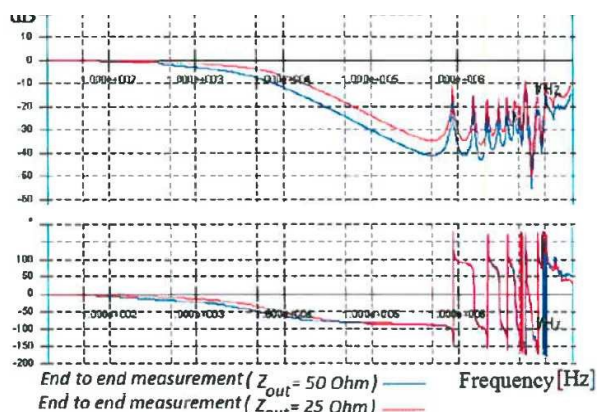


Рис.1 Частотные характеристики непрерывной дисковой обмотки

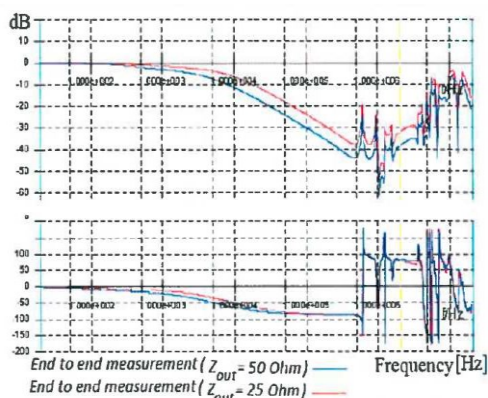


Рис.2 Частотные характеристики дисковой обмотки с одним витком

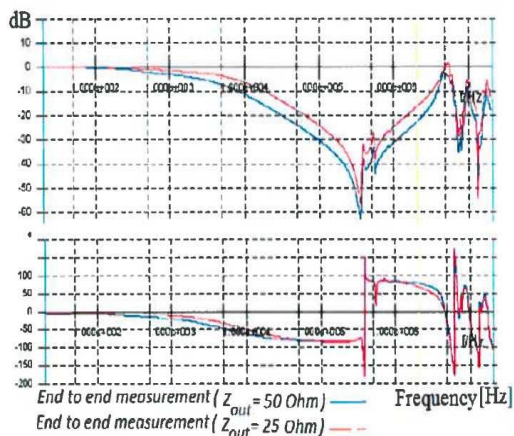


Рис.3 Частотные характеристики чередующейся дисковой обмотки

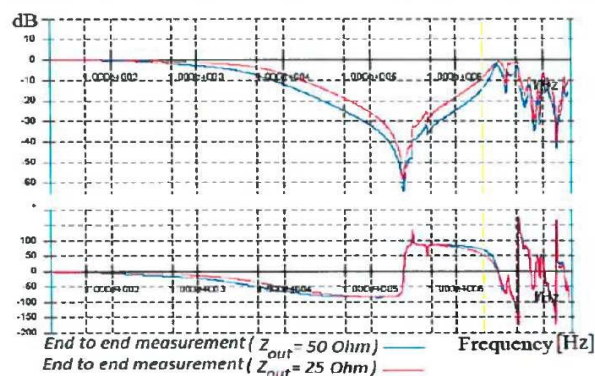


Рис.4 Частотные характеристики дисковой обмотки с шестью витками

Согласно спектру, полученному от различных обмоток, частотные характеристики не совпадают из-за их различных технических спецификаций. Тем не менее, следует отметить, что все они подвергаются воздействию похожих шунтирующих емкостей в связи с алюминиевым сердечником из-за аналогичного размера.

На основании результатов перехода от низких к высоким частотам, все спектральные характеристики испытывают первый антирезонанс около 1 МГц.

Переход к более высоким частотам при достижении области средней частоты на Рис.1 и 2 сопровождается большими колебаниями значений в связи с низкой продольной емкостью, на 3 и 4 показано более стабильное возрастание.

Сравнение между Рис. 2 и 4 показывает, что увеличение витков на дисковой обмотке приводит к увеличению продольной емкости и уменьшению импульсного напряжения, поэтому использование большего количества витков улучшает электрические характеристики обмотки.

В ходе исследования было выявлено, что при непрерывном измерении ЧХТ различных типов обмоток продольная емкость влияет на колебания кривой средней частоты ЧХТ. Значительное количество продольных емкостей приводит к повышению кривой ЧХТ. Таким образом, распределение импульсного напряжения обмоток трансформатора в интервале времени в связи с высокой продольной емкостью, приводит к уменьшению изменений кривой ЧХТ, в то время как нежелательное распределение импульсного напряжения в интервале времени приводит к увеличению изменений кривой в диапазоне частотной области.

- 11) «Моделирование анализа основных частотных характеристик трансформатора на основе метода «оптимизации с использованием роя частиц» - PSO» (James Welsh, Samuel Wolinski, University of Newcastle, Австралия; Joe Tusek, Aurecon, Австралия)

Описано применение современных методик анализа частотных характеристик трансформатора. Данные частотных характеристик силового трансформатора в диапазоне от Гц до МГц состоят из резонансных режимов, что приводит впоследствии к неточностям в вычислениях.

Основные функции частотной локализации применяются для увеличения достоверности получаемых данных.

Рассмотрена современная методика применения функций частотной локализации для получения корректных данных параметрических моделей для частотных характеристик трансформатора. Оптимизация с использованием роя частиц (PSO) в данной методике используется с целью расположения полюсов основных функций. Данная оптимизация является метаэвристическим алгоритмом, который стремится свести к минимуму функцию $f: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$. Данный алгоритм применим для больших пространств с малоизвестной структурой. При исследовании данного алгоритма были получены хорошие результаты. К тому же, данный алгоритм достаточно прост в реализации и имеет удобно настраиваемые параметры.

Для подтверждения достоверности данного алгоритма вычисления корректных параметрических моделей приведен пример использования анализа ЧХТ. Данные получены из фазы А высокого напряжения трансформатора АВВ класса напряжения 132 кВ и 60 МВА.

Во-первых, основные функции частотной локализации приспособлены к особым точками функции, расположенным логарифмически через диапазон частот (т.е. без оптимизации расположения полюсов). Это сделано, чтобы подчеркнуть важность проблем, связанных с расположением особых точек функции, близких к оптимальному значению. Отмечено, что в области низких частот необходимо меньшее количество особых точек функции, потому что они менее динамичны, чем на высоких частотах. Без оптимизации местоположения, особые точки функции расходятся в области низких частот, что объясняет необходимость фиксации информации в области верхних частот; на рисунке показано, что для особых точек функции расположенных логарифмически требуется фиксация информации при порядке 220. Кроме того, в области низких частот соответствие с основными функциями нарушено. Отметим, что на графике зависимости амплитуды и магнитуды, приведенном ниже, красные точки соответствуют данным измерений, а синяя линия соответствует данным, полученным по параметрической модели.

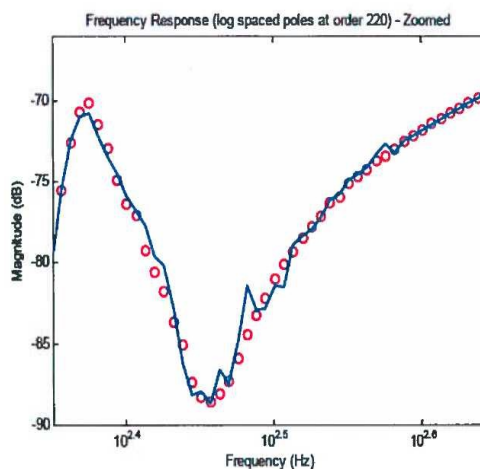


Рис. 1 Характеристики магнитуды, выделенные для того, чтобы показать соответствие при высоких частотах

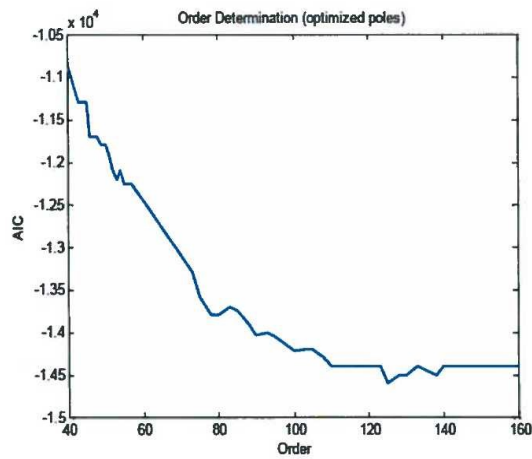


Рис.2 Распределение в логарифмических координатах (по информационному критерию Акаике (AIC))

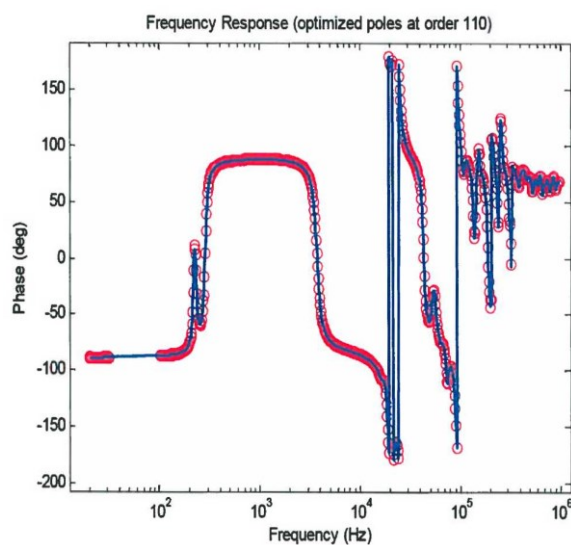


Рис. 3 Магнитуда и фазочастотные характеристики для параметрической модели (полюса при порядке 110).

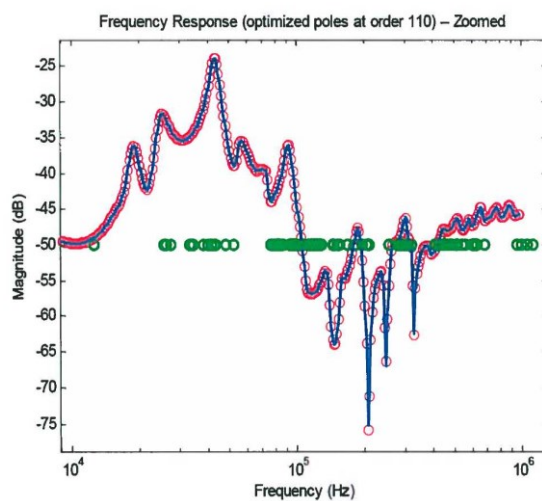


Рис.4 Магнитуда и фазочастотные характеристики для параметрической модели (полюса при порядке 220). Местоположения полюсов расположенных логарифмически находятся над зеленой линией.

В ходе работы было определено, что по причине чувствительности основных параметров к локализованным частотным областям, применение функций частотной локализации позволяют улавливать незначительные изменения частотных характеристик. Параметрические модели также могут быть использованы для стандартизации значений кривых ЧХТ и создания основы для методики обнаружения неисправностей.

- 12) «Эксплуатационный опыт мониторинга частичных разрядов для он-лайн мониторинга состояния» (B.T. Phung, Z. Liu, T.R. Blackburn, University of New South Wales, Австралия; G. Burgess, Endeavour Energy, Австралия; P. McMullan, H. Zhang, AUSGRID, Австралия)

Описано состояние изоляции высоковольтных кабелей, рассмотрено он-лайн измерение ЧР, процесс образования сигнала, классификация ЧР и их расположения, а также эксплуатационный опыт энергетических предприятий в данной области.

Отмечено, что система мониторинга ЧР является хорошим инструментом для определения состояния изоляции. Данная система широко используется энергетическими компаниями для разных видов сетевого оборудования. Также были получены хорошие результаты работы системы по данным энергетических предприятий.

- 13) «Обнаружение остаточного заряда путем использования импульсного напряжения для кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена» (T. Kurihara, T. Okamoto, Central research institute of electric power industry, Япония; T. Tsuji, K. Uchida, Chubu electric power, Япония; M.K. Kim, N. Hozumi, Toyohashi university of technology, Япония)

Целью работы являлось описание разработки нового метода диагностики кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена с помощью импульсного напряжения. Данная разработка необходима для:

- улучшения чувствительности определения сигналов, связанных с триингом вследствие усредняющего эффекта сигналов путем повторяющейся подачи напряжения через короткие временные интервалы;
- возможности применения более компактных и легких ВВ устройств;
- применения для кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена соединенных с КРУЭ при длительности импульса меньшей, чем половина периода напряжения переменного тока с промышленной частотой.

Представлена разработка нового диагностического метода определения триинга кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена класса напряжения от 22 до 77 кВ, а также проведены фундаментальные исследования по обнаружению остаточного заряда с импульсным напряжением на демонтированном кабеле класса напряжения 6,6 кВ.

14) «Создание виртуального присутствия на подстанции» (Michael Newton, Andrew Renton; Transpower, Новая Зеландия)

Описаны преимущества виртуального присутствия на ПС с помощью контролируемой робототехники или установки камер.

Преимущества:

- оперативное определение и анализ неисправности, а также возможность дистанционного отключения;
- исследование случаев воровства и нарушений;
- возможность дистанционного управления;
- контроль энергообъекта в целом.

Сеть компании Transpower насчитывает около 180 подстанций на территории Новой Зеландии. Многие из данных ПС находятся в нескольких часах езды от ремонтных баз, поэтому ремонтно-восстановительные работы на таких объектах могут существенно задерживаться. Для того чтобы избежать длительного восстановления оборудования после неисправностей в компании было решено создать «виртуальное присутствие на ПС». В работе описано 2 способа создания «виртуального присутствия»: установка большого количества стационарных камер и установка одной мобильной камеры.

В компании для описанных целей также применяется серийно изготавливаемый робот. Было доказано, что применение удаленного контроля и wi-fi является целесообразным, несмотря на высокую стоимость.

В работе также сообщалось о скором завершении разработки первого надежного и долговечного прототипа робота для ПС в рамках совместного проекта компании Transpower и Института Massey (Австралия).

15) «Стратегии технического обслуживания, основанные на стоимости оборудования» (Marco Fleckenstein, Technische universität darmstadt, Германия; Claus Neumann, Amprion, Германия; Gerd Balzer, Technische universität darmstadt, Германия)

Рассмотрены методы технического обслуживания, учитывающие важность различных типов ПС. Техническое обслуживание оборудования систем передачи УВН в Германии зачастую проходит через определенные интервалы и применяется для всех видов оборудования одной группы (планово-предупредительное обследование). На основе анализа надежности оборудования было доказано, что некоторые неисправности, влияющие на работу сети в целом, обнаруживаются всего на нескольких ПС. Если техническое обслуживание учитывает данные обстоятельства, это позволяет более эффективно контролировать затраты.

Новые стратегии технического обслуживания основываются на оценке рисковой стоимости, полученной согласно результатам вычислений доступности и надежности оборудования. Важность ПС определяется ее рисковой стоимостью. Эта стоимость позволяет рассчитать сумму затрат на ликвидацию последствий неисправности оборудования. Согласно новой стратегии технического обслуживания сформирована классификация ПС по критерию надежно-

сти снабжения электроэнергией, по которой определяются интервалы ТО для всего оборудования ПС.

В ходе работы были получены следующие выводы:

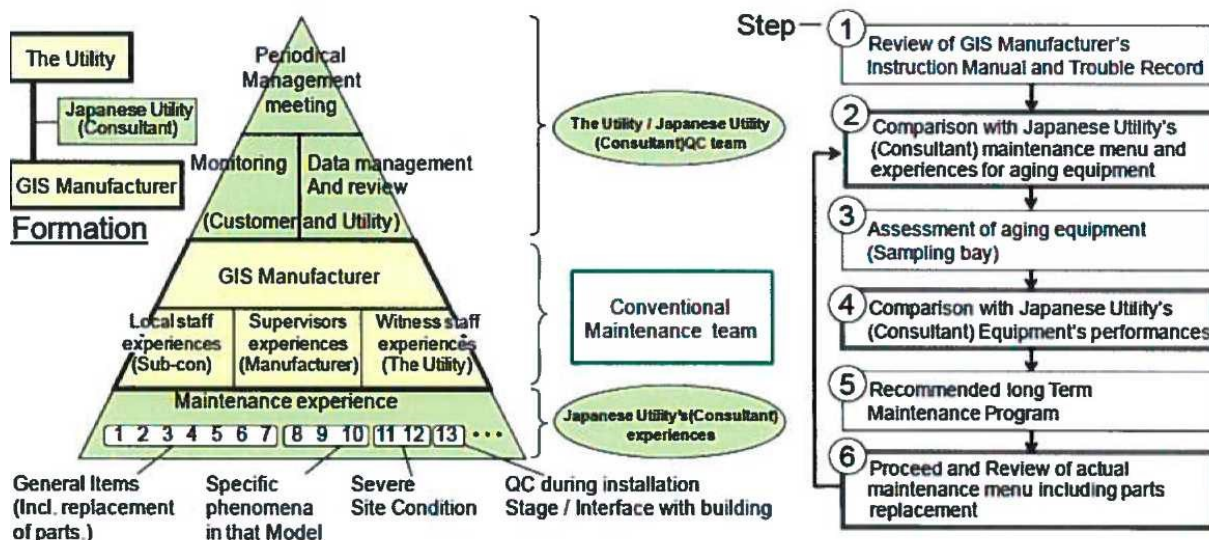
- при расчетах используются только сетевые условия: принудительная нагрузка в сетях передачи может изменить данные о доступности системы в целом, также как перегрузка оборудования повлияют на расчеты доступности и надежности;
- наличие плана действий при различных вариантах нагрузки является важным условием при определении рисков;
- другим необходимым условием для таких анализов является частота отключений оборудования, зависящая от возраста (срока службы);
- в базы данных необходимо интегрировать более надежные и доступные данные;
- новая стратегия технического обслуживания, основанная на оценке рисков предоставляет возможность сократить затраты на техническое обслуживание.

16) «Планирование технического обслуживания, направленное на долгосрочное использование КРУЭ на открытой подстанции в Юго-Восточной Азии» (А. Okada, НІТАСНІ, Япония; А. Cheang, НІТАСНІ, Сингапур; К. Kawakita Chubu electric power со., Япония)

Описан пример проектов технического обслуживания (далее-ТО) для устаревшего КРУЭ в Ю-В Азии с целью увеличения срока службы. Проекты были осуществлены командой из трех участников: владелец энергетического предприятия, японская консалтинговая компания и производитель оборудования.

Классифицированы потенциальные неисправности следующим образом: заводские неисправности оборудования и неисправности на ПС. Заводские неисправности оборудования подразделяются на общие (короткий срок службы, несоответствие проекту) и характерные для определенного типа оборудования (недостатки конструирования), а неисправности на ПС - на тяжелые условия установки (окружающая среда, климат) и контроль качества во время установки (влажность в SF_6 , вибрация и т.д.). Решениями первой группы неисправностей являются модернизация материалов и наличие соответствующего проекта, а также улучшение качества оборудования в условиях завода. Решение второй группы сводится к применению определенных мер противодействия.

В Японии оценка потенциальных неисправностей всех стандартных заводских моделей КРУЭ осуществляется за счет периодически выполняемой организационной деятельности, такой как «обмен информацией о неисправностях», «совместное исследование с применением мер противодействия» между заказчиком и производителем КРУЭ с определением уровня потенциальных неисправностей для ПС для планирования ТО, направленного на долгосрочное использование КРУЭ.



В данной работе был описан опыт участия японского энергетического предприятия в качестве консультанта (третьей стороны) для оценки срока службы устаревшего КРУЭ. На рисунке показано каким образом данный опыт способствовал формированию дополнительных консультационных услуг по сравнению с обычными договорами на техническое обслуживание Заказчика непосредственно от Производителя КРУЭ. Этот опыт был использован для классификации и оценки потенциальных неисправностей старых КРУЭ. Отмечено, что управление данными и обзоры также являются ключевыми параметрами ТО, направленными на долгосрочное использование КРУЭ. На рисунке также показана оценка срока службы данного проекта, в котором основные этапы строятся на сравнении с ТО, предложенного консультантом / сравнении результатов по каждому старому КРУЭ/ предложениях и обзоре актуальных способов ТО, включая замену запасными частями для увеличения срока эксплуатации КРУЭ.

Данные проекты были реализованы в период с 2005 по 2012 на энергетических предприятиях в Юго-Восточной Азии. В работе были рассмотрено ТО следующих энергообъектов: часто используемая ПС для генерирующей установки с ТО через 6 лет (проверка механизма работы) и через 12 лет (открытая инспекция) согласно руководству от Производителя, а также редко используемая магистральная ПС.

В качестве выводов можно отметить, что, несмотря на то, что изначально КРУЭ предполагалось как оборудование с высокой степенью надежности (близкой к ОРУ) не требующее ТО, это не значит, что ТО не потребуется в течение всего срока службы. Особенно для КРУЭ в возрасте 25-30 лет, когда возрастает возможность возникновения неисправностей по причине старения. К тому же ремонт или замена КРУЭ гораздо сложнее и дороже замены или ремонта ОРУ.

Также отмечена важность совместной работы заказчика и производителя оборудования.

- 17) «12-летняя работа подстанции компании Powerlink Queensland» (Jean-Paul Jouglard, Powerlink, Австралия; Michel Laugier, Louis de Vatine, RTE, Франция)

Целью работы было показать сотрудничество между компаниями Powerlink и RTE, которое явилось продолжением 12-летнего обмена опытом и знаниями.

Описана работа под напряжением на ПС в компании RTE: стоимость и преимущества такого вида работ, принципы работы, подготовка к работе и методы работы, а также использование специализированного снаряжения и оборудования для работ под напряжением. Компания Powerlink продемонстрировала свои методы работы под напряжением в Австралии. В Австралии работы проводятся при высоком напряжении, а во Франции также при низком и среднем.

- 18) «Увеличение возможностей подстанции на основе анализа ее параметров» (Darren Spoor, Transgrid, Австралия; Phillip Nichols, AUSGRID, Австралия; Jahan Peiris, Transgrid, Австралия)

В последнее время большое внимание уделяется необходимости повышения использования сетевых активов с целью сокращения капитальных затрат.

Инженеры-проектировщики ПС в своей работе руководствуются значениями спецификаций номинальных режимов ПС, полученных от проектировщиков сети. В то же время уделяется большое внимание режимам кратковременной нагрузки, использование которых подразумевает совместную работу дизайнеров, планировщиков и системных операторов на всех этапах конструирования для увеличения режимов кратковременной нагрузки на ПС.

Применение режимов кратковременной нагрузки для различных типов оборудования предусматривает детальное понимание механических ограничений и производственных спецификаций.

В работе показана важность применения режимов кратковременной нагрузки при конструировании и модернизации оборудования ПС.

Получены следующие выводы:

- оптимизация режимов работы позволяет отсрочить капитальные платежи;
- важно убедиться в том, что параметры вторичного оборудования не ограничивают номинальные значения параметров ЛЭП или трансформаторов;
- участки ЛЭП должны быть способны выдерживать нагрузки в 1,5 раза превышающие значения номинальных режимов ЛЭП;
- конструкция трансформатора должна выдерживать нагрузки на 130% превышающие номинальные режимы трансформатора.

- 19) «Проблемы и меры по их устранению при эксплуатации КРУЭ класса напряжения 145 кВ на открытом воздухе» (Jonathan Khor, Energex, Австралия)

Описаны проблемы, возникающие в результате установки КРУЭ на открытом воздухе: появление ржавчины на поверхности, проникновение влаги в датчики, неисправности механизмов и т.д.

Для поддержания исправной работы оборудования в течение 50-летнего срока службы, необходимо устранять возникающие неисправности в соответствии с техническими требованиями. Для этого необходимы консультации с производителем оборудования и осуществление контроля в процессе эксплуатации.

Описан опыт компании Energex по устранению неисправностей оборудования на ПС с классификацией неисправностей на данных ПС, а также представлены меры по их устранению и проблемы, возникающие во время устранения неисправностей.

Опыт показал, что КРУЭ, установленные на открытом воздухе подвержены коррозии. Коррозия приводит к увлажнению негерметичного комплектующего оборудования. Все это влияет на преждевременное старение оборудования.

Меры по устранению данных проблем на установленном распределительном устройстве являются компромиссным вариантом, так как условия установки не были полностью выполнены, поэтому адаптация методов работы, интенсивное планирование и т.п. увеличат стоимость данных мер по устранению.

Также отмечена необходимость постоянного контроля за выполнением работ по устранению неисправностей, а также гарантия качества выполненных работ.

20) «Оценка и продление срока службы трансформаторов» (Tony Palechek, DP Engineering, Австралия)

Описаны проблемы, возникшие при выполнении работ по ремонту трансформаторов компании NSW Networks в период с 2010 по 2013 гг. Испытания показали, что модернизация была проведена в рамках бюджета. Данный проект имел ряд преимуществ по сравнению со стандартным техническим обслуживанием трансформаторов.

Рассмотрены возможности оценки и продления срока службы трансформаторов, критерии оценки трансформаторов, работы по восстановлению, а также описаны испытания до и после восстановительных работ.

Результаты работы показали технические и экономические преимущества обновления трансформаторов с указанием на области, требующие улучшения, с целью увеличения срока службы и повышения эффективности работы. В работе также отмечена целесообразность выделения проектов обновления трансформаторов в отдельные проекты. Также отмечена позитивная тенденция в связи с выделением технических экспертов в отдельный блок в рамках управления распределительными сетями.

21) «Проблемы в реализации технологии установки магистральных воздушных линий электропередачи для высоковольтных подстанций»

(Daniel Sartor, Transgrid, Австралия; Trent Hoffman, UGL Engineering, Австралия)

Рассмотрены и проанализированы технологии установки воздушных линий (далее-ВЛ) на большие расстояния для ВВ ПС в качестве альтернативного решения, а также проблемы, возникшие в процессе установки.

Описан опыт модернизации ПС класса напряжения 330/132 кВ компании Transgrid, которая является одной из узловых ПС с КРУЭ в Австралии. В рамках модернизации данной ПС было запланировано строительство 2-х дополнительных ПС с КРУЭ класса напряжения 132 кВ в связи с невозможностью перерыва в работе ПС. Новые ПС должны быть соединены с помощью 4-х секционных выключателей, рассчитанных на ток 3150 А. Для работы выключателей необходимы ВЛ на 132 кВ длиной 170 км.

На все три ПС были установлены 3 батареи конденсаторов для обеспечения надежного электроснабжения.

Компания Transgrid в рамках проекта предложила и реализовала ряд инновационных решений, включающих использование надземных опорных конструкций для ВЛ, которые также являются платформой, необходимой для доступа к секционным выключателям в рамках проведения технического обслуживания.

В результате выполнения данного проекта было доказано, что способ модернизации ПС путем строительства 2-х дополнительных ПС является допустимым.

22) «Оптимальная оценка модернизации существующих подстанций в суровых климатических условиях» (Т. Nishioka, К. Kawakita, Chubu electric power, Япония)

После того, как принято решение о повышении мощности, модернизации или замене оборудования существующей ПС, основной задачей является выбор оптимального решения. В данной работе рассмотрены преимущества и недостатки КРУЭ, ОРУ и компактных распределительных устройств.

Рассмотрены методы выбора оптимального решения в рамках модернизации оборудования существующей ПС в суровых климатических условиях.

Описан пример выбора между 3-мя видами распределительных устройств в рамках модернизации ПС. В этом приведенном примере особое внимание уделялось мерам против цунами, в результате чего предпочтение было отдано КРУЭ.

Важными условиями при подобных модернизациях являются оценка не только стоимости модернизации, но и других факторов, а также выбор и оценка технических требований в рамках индивидуального подхода к ПС.

23) «Использование современных технологий и конструкций при переходе от распределительных к магистральным подстанциям в городских условиях» (Jan Bednarik, Hugh Cunningham, ESB International, Ирландия)

Описан проект по переходу от распределительных к магистральным подстанциям на примере перехода распределительной ПС класса напряжения 38 кВ к магистральной ПС класса напряжения 110 кВ с использованием современных технологий и инновационного дизайна.

Данный проект был успешно завершен согласно графику и в рамках запланированного бюджета. Этот проект является хорошим примером того, как эксплуатационные и ситуативные ограничения делают невозможным конструирование ПС с нуля. Данный проект доказал важность детализированного проектирования и планирования с вовлечением всех заинтересованных лиц с целью корректной постановки задач и их выполнения.

24) *«Подстанция Hobson St»* (James Herbert, AURECON, Новая Зеландия; John Szmalko, AURECON, Австралия)

Рассмотрен процесс модернизации существующей распределительной ПС Hobson в городских условиях с последующим переходом на ПС питающей сети в рамках проекта компании Transpower: описание проекта, особенности создания, выбор противопожарной конструкция трансформаторного оборудования, 3D моделирование ПС и конечный вариант проекта ПС.

В рамках создания ПС было согласовано строительство нового КРУЭ 220 кВ, КРУЭ 110 кВ, автотрансформатора 220/110 кВ 250 МВа и нового трансформатора 220/110 кВ 50 МВа.

В рамках проекта были применены новые и оригинальные подходы для решения различных проблем: улучшение сейсмостойких характеристик, пожаробезопасности и т.д. В процессе выполнения проекта возникли проблемы при конструировании отгороженных участков трансформаторов (трансформатор для внутренней установки) в части повышения взрывобезопасности, пожаробезопасности, транспортировки и установки, которые были успешно устранены.

Обязательным условием выполнения проекта было применение 3Д-проектирования.

Данный проект создания ПС в городе Окленд (Австралия) был реализован в 2011 году.

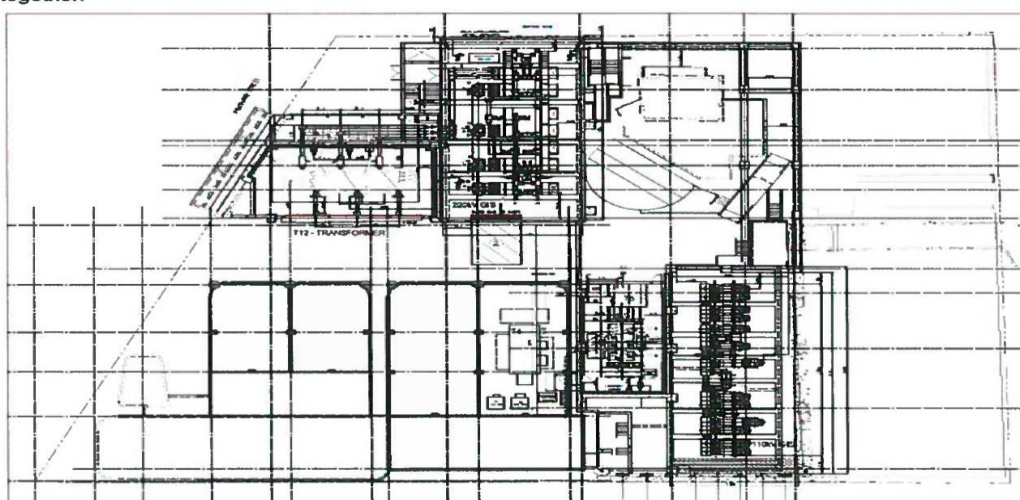


Рис.1 План ПС Hobson



Рис.2 ПС Hobson

25) «Проблемы, возникающие при усовершенствовании существующих подстанций» (Alan Crombie, UGL Engineering, Австралия)

Проблема замены старого оборудования существующих ПС является все более актуальной. В работе описаны проблемы, возникающие при усовершенствовании существующих ПС:

- доступность и корректность текущих данных;
- работа в непосредственной близости к оборудованию под напряжением;
- повышение напряжения;
- наличие загрязнений;
- планирование работ и координация перерывов в подаче электроэнергии.

Для решения данных проблем необходимо использование специализированных инструментов, соответствующее обучение персонала, а также наличие наблюдателей и высококвалифицированных сотрудников.

Решения указанных проблем могут быть следующие:

- тесное сотрудничество между конструкторами и проектировщиками;
- загрязнение: - сокращение удаления загрязненного слоя грунта и обработка грунтовых вод;
- ограниченное пространство: - применение существующей сети кабелей;
- документация – использование 3Д отчетов;
- заземление – замена 50% существующей подземной заземляющей сети;
- радиосканирование.

Количество подобных проектов в Австралии растет. В рамках выполнения данных проектов необходим высокий уровень планирования, взаимодействие между конструкторами и проектировщиками, а также обучение персонала. В

работе описаны возникающие проблемы и способы их решения, учитывая постоянное развитие технологий.

26) *«Подстанции будущего»* (Barry Finlay, AURECON, Австралия; Terry Krieg, SKM, Австралия; Joe Tusek, AURECON, Австралия)

Высоковольтные ПС играют важную роль в сетях передачи и распределения для надежной работы энергосистемы. Оборудование ПС становится все более надежным и требует все меньше технического обслуживания для стабильной работы. Однако существуют несколько областей в части работы ПС и их оборудования, которые нуждаются в модернизации для соответствия потребностям энергетической системы в будущем.

Основные проблемы:

- внедрение возобновляемой и распределенной энергетики;
- повышение потребностей в электроэнергии нескольких стран;
- безопасность киберпространства;
- тяжелые климатические условия;
- стандарты конструирования и нехватка инновационных идей;
- старение оборудования;
- нехватка квалифицированного персонала;
- противодействие переменам.

Ключевые движущие силы:

Общественные:

- потребность в электроэнергии;
- регулирующие органы и законодательные акты;
- потребители;
- персонал;
- индивидуальная техника безопасности;

Технологические:

- заводы и оборудование;

Коммерческие:

- Потребность в высокой эффективности.

В докладе отражены тренды в электроэнергетике:

Конструкции ПС:

- альтернативы стандартным подходам;
- умные сети и стандарт МЭК 61850;
- хранение энергии;
- электромобили;
- применение УВН;
- изменение климата;
- робототехника.

Оборудование:

- изменение технологий производства;

- уменьшение размеров оборудования;
- внедрение систем мониторинга технического состояния.

Энергетические предприятия:

- повышение потребностей в электроэнергии в развивающихся странах;
- ограничение доступных средств на развитие системы;
- высокая стоимость оборудования.

Материалы:

- альтернативы элегазу;
- альтернативы изолирующим маслам;
- твердые изоляционные системы;
- нанокompозиты.

Диагностика:

- мониторинг состояния;
- новые способы мониторинга;
- испытания.

Знания:

- инструменты для мониторинга состояния и испытаний;
- доступность информации;
- экспертиза.

Основные вопросы:

- необходимость сокращения затрат на передачу электроэнергии;
- необходимость уменьшения негативного влияния на окружающую среду;
- сохранение навыков и обучение молодых инженеров;
- испытания и мониторинг состояния.

Выводы:

- значительное совершенствование технологии;
- инновации при проектировании и производстве;
- снижение производительности;
- отсутствие электричества в некоторых регионах;
- учет потребностей в электроэнергии;
- необходимость в развитии навыков и применении новых технологий;
- необходимость ограничения вредного воздействия на окружающую среду;
- разработка энергетической системы будущего.

4. Заседание Исследовательского комитета ВЗ СИГРЭ «Подстанции»

50-е совещание Исследовательского комитета ВЗ в рамках совместного коллоквиума СИГРЭ проходило 12 сентября 2013 г. с 8-30 до 17-00 в гостинице Sofitel Brisbane Central Hotel.

Программа заседания включала:

1. Приветствие
2. Утверждение плана совещания
3. Членство в ИК ВЗ
 - 3.1 Ожидания членов ИК
 - 3.2 Обновление информации о членах ИК – в том числе адресов.
 - 3.3 Фотографии членов ИК (будут сделаны во время перерыва)
4. Результаты 49-го совещания ИК в Париже, 30 августа 2012
5. Общая информация
 - 5.1 Последние совещания Технического Комитета (Т. Krieg)
 - 5.2 Структура и организация ИК (Т. Krieg)
 - 5.3 Новости по веб-сайту (С. Counan)
6. Деятельность консультативных групп
 - 6.1 Консультативная группа по стратегии (Т. Krieg)

Данная группа помогает Председателю ИК определять стратегические направления деятельности ИК.

- 6.2 Консультативная группа по потребителям (М. Maskey)

Данная группа обеспечивает направление работы ИК на удовлетворение потребностей своих целевых групп.

- 6.3 Консультационная группа (Р. Knol)

Данная группа обеспечивает обучение, а также образование различных целевых аудиторий в деятельности ИК.

7. Статус работы

- 7.1 Ежегодный доклад по деятельности РГ и целевых РГ

- 7.1.1 Консультативная деятельность 1 (М. Osborne)

- РГ ВЗ.13 (F. Gallon) «Сокращение времени на замену ВВ оборудования»

Целью РГ является изучение инженерных концепций, способов монтажа оборудования и методов работы, которые способствуют сокращению времени на замену ВВ оборудования.

- ОРГ (объединенная РГ) ВЗ/С1/С2.14 (G. Lingner) «Оптимизация конфигурации схемы»

Целью РГ является разработка руководства для оптимизации конфигурации схемы. Данная РГ должна проанализировать и суммировать конфигурации схем и их применение, существующие успешные альтернативные варианты, эксплуатационную надежность и эффективность новых конфигураций и т.д. В рамках РГ будут разработаны следующие документы: Анализ требований, Разработка оптимизированных конфигураций схем, Оценка существующих и альтернативных конфигураций схемы, Руководство к применению и описание 2 примеров оптимизации конфигураций схемы.

•РГ В3.36 (P. Sandeberg) «Особенности систем переменного и постоянного тока ВВ подстанций (ПС), соединенных с ветровыми электростанциями»

Целью РГ является определение ключевых особенностей систем переменного и постоянного тока ВВ ПС, соединенных с ветровыми электростанциями, а также их оптимизация.

•РГ В3.35 (В. Carman) «Оптимизация конструкции заземления ПС на основе количественного анализа рисков»

Целями РГ являются исследование и оценка аналитических подходов на основе количественного анализа рисков с целью оптимизации конструкции устройств заземления; сравнение применяемых стандартов безопасности устройств заземления; практические рекомендации и руководства, основанные на опыте эксплуатации и требованиях по технике безопасности и др.

7.1.2 Консультативная деятельность 2 (P. Glaubitz)

•РГ В3.25 (E. Duggan) «Анализ элегаза для оценки состояния элегазового оборудования»

Цель РГ представить набор руководящих принципов для менеджера по управлению активами в части мер, необходимых для обеспечения удовлетворительной работы элегазового оборудования, а также предотвращения серьезных повреждений, сведения к минимуму плановых отключений, повышения надежности функционирования энергообъекта.

•РГ В3.29 (K. Uehara) «Технологии полевых испытаний оборудования ПС ультравысокого напряжения (УВН) в условиях эксплуатации»

Цель РГ представить обзор испытаний первичного и вторичного оборудования подстанций УВН, приемо-сдаточных испытаний, а также испытаний при проведении технического обслуживания электрооборудования.

•РГ В3.30 (S. Stangherlin) «Руководство по сокращению использования элегаза при проведении приемо-сдаточных испытаний электрооборудования»

Целью РГ является исследование возможности минимизации использования SF₆ во время приемо-сдаточных испытаний электрооборудования. В связи с этим данная РГ должна определить относительные свойства экологически чи-

стных газов и необходимость внесения изменений в процедуру испытаний и, соответственно, в действующие нормы, если таковые имеются.

- ОРГ В3/В1.27 (Н. Koch) «Факторы, влияющие на принятие инвестиционных решений при выборе кабелей и газоизолированных линий переменного тока»

Целью РГ является определение технико-экономических показателей и принятие решения по применению кабелей или газоизолированных линий при проектировании и строительстве линий электропередачи в том числе и подземных.

- РГ В3.24 (М. Reuter) «Преимущество диагностики на основе измерения характеристик ЧР при оценке состояния КРУЭ»

Целью РГ является представление набора руководящих принципов для менеджера по управлению активами в части оптимизации распределения эксплуатационных расходов с целью предотвращения крупных аварий, минимизации плановых отключений и повышения надежности сети. В данной работе проанализированы последние разработки в этой области.

- РГ В3.37 (D.Fulcheron) «Внутренние эффекты от разрядов в распределительных устройствах среднего напряжения (1 - 52 кВ) - методы ослабления»

Целью данной РГ является определение эффектов от разрядов в распределительном оборудовании среднего напряжения. Нарботка технических решений, направленных на снижение последствий электродуговых воздействий: диагностика, переходные процессы в сети, возможное снижение продолжительности отключения электропитания и т.д.

7.1.3 Консультативная деятельность 3 (А. Okada)

- РГ В3.23 (Н. Imagawa) «Руководство по повышению мощности и усовершенствованию ПС»

- РГ В3.31 (М. McVey) «Подстанции, эксплуатируемые в тяжелых климатических условиях»

Целью данной РГ является обзор текущего опыта и практики проектирования КРУЭ, а также предоставление данных о дизайне и спецификациях ПС, эксплуатируемых в суровых климатических условиях. Отчет будет составлен с позиций планирования, инжиниринга, проектирования и выбора оборудования. Так как не все энергетические компании и владельцы активов имеют опыт управления и эксплуатации ПС в суровых климатических условиях, внедрение и широкое распространение практического опыта, накопленного различными предприятиями и пользователями в этой области будет очень востребовано.

- РГ В3.32 (Н. Cunningham) «Оптимизации обслуживания ОРУ»

Целью данной РГ является рассмотрение понятия материально-технического обеспечения, в частности, ОРУ, применимость этого понятия к

различным типам оборудования, методология тестирования, а также оптимизация обслуживания.

7.1.4 Консультативная деятельность 4 (J. Smit)

- РГ В3.34 (J. Smit) «Концепция управления подстанциями будущего»

Целью данной РГ является определение влияния сетей будущего на управление подстанциями и их компонентами, исследование возможности практического применения концепции сетей будущего для оборудования подстанций, оценка потенциального воздействия на подстанции в ходе реализации концепции сетей будущего и т.д.

7.2 Информация о внутреннем сотрудничестве СИГРЭ

- Взаимодействие ИК В3 с ИК А3 (S. Samek)

Участие в совместных мероприятиях:

- совместный коллоквиум А3/В3 в Токио, 2005 – «Настоящее и будущее высоковольтной аппаратуры и технологий подстанций»;
- объединенный коллоквиум А3/В3 в Южной Африке, 2009 – «Необходимость надежных, эффективных и устойчивых поставок электроэнергии – настоящее и будущее».

- Взаимодействие ИК В3 с ИК D1 (J. Smit)

Участие в Совместном коллоквиуме D1/В3 в Брисбене, 8-13 августа 2013 – «Управление подстанциями в энергосистеме будущего: Тенденции в области технологий, дизайна, материалов и диагностики».

- РГ С6.13 «Сельская электрификация» (A. Zomers)
- ИК D1 «Материалы и новые технологии» (J. Smit)
- Сотрудничество с другими

7.3 Информация о сотрудничестве с другими техническими организациями

- Взаимодействие с ИЕС (H. Koch)
- Взаимодействие с IEEE (J. Randolph, H. Koch)
- Сотрудничество с другими
- Доклады регулярных и наблюдательных членов ИК В3
- Краткое изложение содержания докладов (M. Maskey, S. Counan)
- Устные выступления
- Дополнительная информация

7.4 СИГРЭ в Австралии

- Деятельность и работы Австралийского комитета (A. Klerac)
- Отобранные доклады членов АК

8. Планы на будущее

8.1 Стратегический план и план действий

- Стратегический план ИК В3 (Т. Krieg)
- План действий ИК В3 (Т. Krieg)

Темы	<ul style="list-style-type: none"> – внедрение сетей УВН переменного и постоянного тока для проектирования подстанций; – smart grid и повышение автоматизации сетей; – повышение осведомленности о рисках для активов; – новые материалы и технологии; – повышение мощности, модернизация существующих активов
Новые технические направления	<ul style="list-style-type: none"> – новые материалы и технологии; – опыт сетей УВН – проектирование и управление; – безопасность, охрана, риски и забота об окружающей среде; – строительство, ремонтпригодность, экономические аспекты.
Организационные вопросы	<ul style="list-style-type: none"> – принятие стратегического плана; – расширение международной деятельности, выбор места проведения мероприятий; – рассмотрение в РГ новых проблем распределения электроэнергии; – оптимизация веб-сайта ИК В3; – расширение коммуникационных возможностей с использованием новых технологий; – два проекта «зеленых книг»: Подстанции и Руководство по SF6; – повышение значения СИГРЭ для бизнеса

8.2 Предложенные новые рабочие органы и сферы исследования

- Новые темы для изучения (консультативная деятельность)
- Новые сферы исследования (все присутствующие)
- Справочная книга ИК В3 («Зеленая книга») (Т. Krieg, А. Zomers)

В рамках деятельности Технического комитета по составлению справочников СИГРЭ (Зеленых книг), начатой по предложению ИК В2, всеми ИК принято решение подготовить справочники по направлениям деятельности.

Для этого необходимо:

- проверить и сгруппировать все существующие публикации СИГРЭ (Технические Брошюры, публикации в Electra, доклады на сессиях, коллоквиумах, симпозиумах и региональных конференциях);
- представить комплексную информацию по всем публикациям;
- наполнить справочник согласованными и соответствующими современным требованиям данными.

На основе анализа публикаций ИК 23 / ИК В3 получены следующие данные:

- количество брошюр: 17 (ИК 23) + 20 (ИК В3) = 37
- количество публикаций в Electra: 67 (ИК 23) и 28 (ИК В3) = 95 (некоторые публикации относятся к брошюрам)

- количество докладов на Сессиях: 213 (ИК 23) и 71 (ИК В3) = 2

На встрече в Абу-Даби участники Консультативной группы по стратегии:

- обсудили возможные подходы к написанию и содержание справочника по Подстанциям;

- выделили подготовку справочника в специальный проект Консультативной группы по стратегии;

- сформировали редколлегию в составе 6 человек с большим опытом работы в ИК В3, которая будет нести ответственность за общее содержание книги и подготовит график выполнения работ.

Утверждено содержание справочника:

Глава 1 – Вступление

Глава 2 – ОРУ

Глава 3 – КРУЭ

Глава 4 – гибридные РУ

Глава 5 – ПС УВН и береговые ПС

Глава 6 – вторичное оборудование

Глава 7 – электрооборудование подстанций

Глава 8 – влияние работы ПС на окружающую среду и воздействие окружающей среды на работу ПС

Глава 9 – вопросы управления ПС

Глава 10 – дальнейшие перспективы развития

8.3 Последующие совещания с участием ИК В3

8.3.1 Сессия в Париже в 2014 году (Т. Krieg)

– Обзор парижской Сессии 2012 года (все);

– Краткое изложение предполагаемого содержания Парижской Сессии в 2014 году (M.Osborne, P.Glaubitz);

– Формат и стендовые доклады.

8.3.2 Другие совещания

– Напоминание: Окланд, Симпозиум в Новой Зеландии (А3, В1, В2, В3) 14-20 сентября (Т. Krieg)

– 2015 Совместный коллоквиум ИК В3 и А3 в г. Нагоя, Япония (К.Кawakita)

9. Другая деятельность

• Контроль качества РГ (Т. Krieg)

• Обзор коллоквиума ИК В3, D1 в Брисбене, Австралия (все)

• Награды и благодарность

10. Окончание совещания – 17:00

5. Выводы и предложения

Представленные доклады свидетельствуют об имеющей место в мире тенденции создания подстанций, обслуживание которых требует минимального участия человека. В частности, активно развиваются системы мониторинга состояния оборудования и подстанции в целом, что повышает эксплуатационную надежность. В связи со значительным старением оборудования, большое внимание уделяется новым подходам к модернизации и продлению срока эксплуатации подстанций. Большое внимание также уделяется внедрению новых технологий проектирования.

Интересно отметить опыт некоторых компаний по эксплуатации КРУЭ. Так, например, существует мнение о том, что КРУЭ является оборудованием с высокой степенью надежности, не требующее технического обслуживания и ремонтов в течение всего срока службы. Однако в возрасте 25-30 лет возрастает возможность возникновения неисправностей по причине старения. При этом ремонт или замена КРУЭ гораздо сложнее и дороже замены или ремонта оборудования ОРУ.

Опыт компании Energex показал, что КРУЭ, установленные на открытом воздухе подвержены коррозии. Коррозия приводит к увлажнению негерметичного комплектующего оборудования. Все это влияет на преждевременное старение оборудования.

Таким образом, при принятии решения об установке КРУЭ необходимо самым тщательным образом изучить особенности конструкций различных производителей, условия технического обслуживания и проведения текущих и капитальных ремонтов с целью выбора оптимального соотношения цены и качества устанавливаемого оборудования.

Представляется целесообразным расширить сотрудничество с компаниями, решающими проблемы в РФ при проектировании, строительстве и реконструкции подстанций.

Информация о коллоквиуме на сайте СИГРЭ:

<http://b3.cigre.org/Events/SC-B3-SC-D1-Colloquium-Brisbane-2013>