

## СИГРЭ. Исследовательский комитет ВЗ “Подстанции”\*

• **Жилкина Ю. В.**<sup>1</sup>, канд. эконом. наук, ПАО “ФСК ЕЭС”, Москва

В августе 2016 г. в Париже (Франция) прошла 46-й сессия Международного совета по большим электроэнергетическим системам (CIGRE – Conseil International des Grands Reseaux Electriques). В рамках сессии проводятся технические, административные и пленарные заседания всех входящих в эту конференцию исследовательских комитетов (ИК) и рабочих групп (РГ). Представляем отчёт о работе исследовательского комитета ВЗ “Подстанции”.

### Краткие сведения об исследовательском комитете РНК СИГРЭ ВЗ. Сфера деятельности и основные направления работ

Область деятельности исследовательского комитета СИГРЭ ВЗ распространяется на проектирование, строительство и ремонт (рис. 1) подстанций и электрических установок электростанций (за исключением генераторов), а также на текущее управление.

Основные задачи, решаемые комитетом:

концептуальные вопросы построения и развития высоковольтного оборудования подстанций (ПС) с учётом требований по его надёжности и экономической эффективности;

вопросы разработок и внедрения передовых образцов инновационного высоковольтного оборудования ПС;

формирование технических требований на разработку современного высоковольтного оборудования ПС;

методы повышения эффективности эксплуатации высоковольтного оборудования ПС;

вопросы технического обслуживания и повышения уровня эксплуатации высоковольтного оборудования ПС;

развитие системы мониторинга и анализа функционирования высоковольтного оборудования ПС;

развитие процедур аттестации и сертификации высоковольтного оборудования ПС.

Структура ИК СИГРЭ ВЗ “Подстанции” представлена на рис. 2.

Подкомитет Российского национального комитета СИГРЭ по тематическому направлению ВЗ “Подстанции” (ПК ВЗ РНК СИГРЭ) создан в 2016 г. решением Технического комитета РНК СИГРЭ и действует на основании “Типового положения о подкомитете РНК СИГРЭ по тематическому направлению”.

### Состав ПК РНК СИГРЭ ВЗ:

- **Епифанов Андрей Михайлович**, руководитель подкомитета, заместитель главного инженера ПАО “ФСК ЕЭС”
- **Загоскин Роман Иванович**, начальник департамента подстанций ПАО “ФСК ЕЭС”
- **Коновалов Александр Александрович**, заместитель начальника департамента подстанций ПАО “ФСК ЕЭС”
- **Пугаченко Захар Евгеньевич**, главный эксперт департамента подстанций ПАО “ФСК ЕЭС”



Рис. 1. Область деятельности ИК СИГРЭ ВЗ “Подстанции”

\* Журнал “Электрические станции” – генеральный информационный партнёр подкомитета ВЗ “Подстанции” Российского национального комитета СИГРЭ.

<sup>1</sup> Жилкина Юлия Викторовна: zhilkina-yv@fsk-els.ru

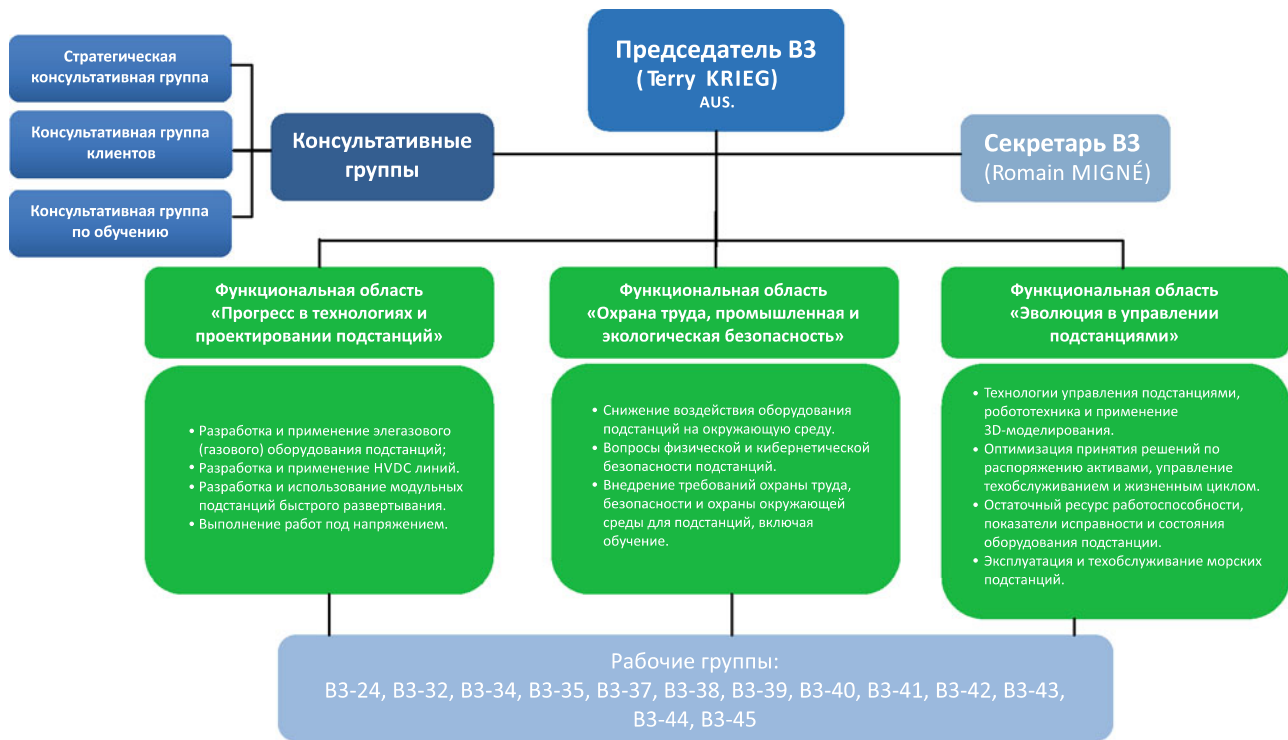


Рис. 2. Структура ИК СИГРЭ ВЗ “Подстанции”

- **Жилкина Юлия Викторовна**, ведущий эксперт департамента подстанций ПАО “ФСК ЕЭС”
- **Кривецкий Игорь Владимирович**, ответственный секретарь подкомитета, ведущий специалист департамента энергоэффективности АО “НТЦ ФСК ЕЭС”
- **Дементьев Юрий Александрович**, главный инженер АО “НТЦ ФСК ЕЭС”
- **Ротблют Александр Ремович**, главный конструктор ЗАО “Энергомаш (Екатеринбург) – Уралэлектротяжмаш”
- **Грицаев Алексей Николаевич**, АО ВО “Электроаппарат”
- **Дарьян Леонид Альбертович**, заместитель директора по аналитической и методологической работе ЗАО “Техническая инспекция ЕЭС”
- **Полтапаниди Александр Панаиотович**, руководитель подразделения “Сервис высоковольтного оборудования” АО “АЛЬСТОМ Грид”
- **Плотников Денис Сергеевич**, руководитель отдела сертификации департамента “Высоковольтное оборудование и Трансформаторы”, АВВ
- **Гурьев Иван**, технический директор ООО “Сименс высоковольтные аппараты”
- **Зубарев Илья Владимирович**, ведущий инженер отдела релейной защиты и противоаварийной автоматики ПАО “МРСК Центра” – “Воронежэнерго”

## Исследовательский комитет ВЗ “Подстанции” на 46-й сессии СИГРЕ

В период с 21 по 26 августа 2016 г. в Париже (Франция) состоялась 46-я Генеральная сессия Международного совета по большим электрическим системам (СИГРЭ), которую посетило рекордное количество – более 8000 чел. из 93 стран (официальный сайт сессии <http://www.cigre.org/Events/Session/Session-2016>, официальный сайт сессии на русском языке [http://www.cigre.ru/activity/session/session 2016/](http://www.cigre.ru/activity/session/session%2016/)).

В рамках 46-й сессии СИГРЭ по тематике ИК ВЗ “Подстанции” состоялись следующие мероприятия: заседание рабочих групп ИК ВЗ “Подстанции”; постер-сессия ИК ВЗ; закрытое заседание ИК ВЗ; дискуссионное заседание ИК ВЗ.

Всего в рамках комитета ВЗ на 46-й сессии СИГРЭ было принято 38 докладов по следующим предпочтительным темам (ПТ).

### ПТ1 “Прогресс в технологиях подстанций”:

разработки в сегменте выключателей и линий электропередачи с элегазовой изоляцией, включая технологии постоянного тока;

интеграция нетрадиционных измерительных трансформаторов;

внедрение новых материалов и технологий на подстанциях.

## ПТ2 “Разработки и новые идеи в конструкции подстанций”:

внедрение МЭК 61850 на существующих подстанциях;

повышение эксплуатационной готовности подстанций;

решения для модульных, комплектных, быстро развёртываемых и морских подстанций;

адаптация подстанций под новые требования, предъявляемые к энергосистемам.

## ПТ3 “Прогресс в сфере управления подстанциями”:

измерение рисков и оптимизация принятия решения относительно объектов энергосистем, экономика подстанций, организация технического обслуживания;

взаимодействие клиентов и акционеров в части проектирования и управления жизненным циклом;

показатели производительности, остаточного ресурса, исправности и состояния оборудования подстанций;

вспомогательные и дополнительные системы подстанций;

управление базами данных, методики проектирования и обучение.

## Обзор докладов по тематике ИК В3 “Подстанции”

По предпочтительной теме “Прогресс в технологиях подстанций” интерес представляли многие доклады.

*Доклад В3-101. Lj. A. Kojovic (США) “Non-Conventional Instrument Transformers for Improved Substation Design”.* Резюмируется базовое понимание технологии нетрадиционных измерительных трансформаторов (НТИТ), сообщается о положительном опыте их эксплуатации в США с 2004 г. с применением колец Роговского, а в последнее время – в защитных схемах.

*Доклад В3-111. W. Olszewski, G. Charot, N. Presser, M. Kuschel (Германия, Франция) “Customer process for technical qualification of Non-Conventional Instrument Transformer products for high-voltage GIS applications”.* Дан хороший обзор различных требований к технической квалификации и испытаниям преобразователей тока и напряжения. Подчёркнута необходимость совместной работы клиента и поставщика оборудования.

*Доклад В3-107. E. Sperling, U. Riechert, U. Straumann (Швейцария) “Dielectric testing of GIS RC-dividers for HVDC GIS/GIL substations with increased dielectric requirements”.* Подчёркивается, что, хотя измерения в системах постоянного тока высокого напряжения, выполненных с применением оборудования в конструктивном исполнении КРУЭ, по-прежнему чувствительны к вариациям элек-

трического поля и температуры (в результате чего возникает вопрос об их точности), применяемая технология постоянно улучшается в части коммуникации и автоматизации, что ведёт к повышению точности измерений. Восприятие и применение МЭК 61850 создаёт основу для более охотного внедрения этих технологий.

*Доклад В3-206. N. M. Sheth, S. K. Jadav, B. J. Patel (Индия). “Retrofitting and Modernization of Conventional Substation to An IEC 61850 Based Automated Substation – A Case Study of 400 kV Amreli Substation”.* Основной темой доклада стало расширение с модернизацией подстанции 400 кВ, авторы которой как и многие другие, продвигают концепцию пилотной площадки для разработки стратегии и схемы внедрения устройств, обмен данными которых организован по протоколу МЭК 61850, в частности, необходимость определения верной очередности замены во избежание дорогостоящей и продолжительной реконструкции. Компаниям также необходимо развивать свою собственную стратегию, понимание и ресурсы по внедрению МЭК 61850.

В тендерных предложениях нередко присутствуют разработки альтернатив элегазу (SF<sub>6</sub>). Так, например, *доклад В3-105 T. Diggelmann, D. Tehlar, P. Mueller (Швейцария). “170 kV pilot installation with a ketone based insulation gas with first experience from operation in the grid”* рассказывает об опробовании новой альтернативы SF<sub>6</sub> под названием C<sub>5</sub> PFK или перфторированные кетоны с 5 атомами углерода (более экологичный продукт) на подстанции 170 кВ в Швейцарии; *доклад В3-106 D. Gautschi, A. Ficheux, M. Walter, J. Vuachet (Швейцария, Франция) “Application of a fluoronitrile gas in GIS and GIL as an environmental friendly alternative to SF<sub>6</sub>”* описывает разработки и испытания КРУЭ 145 кВ и газоизолированной линии 420 кВ с применением так называемого g<sup>3</sup>-газа (смесь CO<sub>2</sub> и C<sub>4</sub>F<sub>7</sub>N) за период с момента первого рассказа о них на заседании 2014 г.

*Доклад В3-207. P. Knol, T. v Rijn, D. van Houwelingen, D. Boender, R. Boelens, K. Ouled-Said (Нидерланды) “50 kV switchgear lost? Up & running in 30 hours solution!”.* Сообщается о разработке быстро развёртываемой мобильной подстанции 72,5 кВ “на колёсах”, которая может быть установлена за 90 ч. Эта ПС также может применяться при ликвидации ЧС для быстрого восстановления электроснабжения после аварии. Необходимы новые модификации оборудования для ускорения транспортировки и развёртывания подстанции, а также для установки кабельных муфт, обеспечивающих быстрое подключение, и заводские испытания всего оборудования для уменьшения объёма пусконаладочных работ на площадке.

*Доклад В3-112. Roberto Cameroni, Massimo Spiranelli, Carlo Granata (Италия). “ABB PASS M0S 420kV for transmission substation”.* Здесь речь

идёт о том, как разрабатывалась технология гибридных герметичных выключателей (напряжением до 420 кВ). Блок герметичного выключателя лёгок при транспортировке, что снижает время его доставки и сокращает подготовку к работе до нескольких дней.

*В докладе В3-308.* A. Khamlichi, G. Donoso, F. Garnachol, G. Denche, A. Valero (Испания) “Removing risk of eventual discharges between GIS grounding parts and cable sheath connected to the substation earth through a separate grounding lead” описывается опыт, полученный в Испании, и приводится углублённый теоретический анализ на основе измерений на местах. Подчёркивается, насколько важно сосредоточить внимание на заземлении в КРУЭ при присоединении высоковольтных кабелей.

*В доклад В3-104.* H. Koch, D. Imamovic, B. Lutz, K. Juhre (Германия) “High Power Underground Transmission for HV DC” представлена конструкция компактной линии электропередачи с газовой изоляцией как эволюционного применения для передач постоянного тока. Присутствие постоянного тока создаёт необходимость учёта в проектном решении контроля электрических полей и термомеханических напряжений. Это один из трёх докладов по программе использования технологии газовой изоляции для совершенствования технологий использования постоянного тока.

Наиболее интересным в ПТ2 “Разработки и новые идеи в конструкции подстанций” выглядит доклад В3-110 Oliver Kuhn, Peter Menke, Rainer Zurowski, Timo Christ, Slavomir Seman, Gerald Giering, Thomas Hammer, Denis Imamovic (Германия) “2nd generation DC grid access for offshore wind farms: “HVDC in an AC fashion”, в котором представлены радикальные соображения по поводу морских площадок преобразователей. Новая идея включает в себя использование жидкой изоляции (сложный синтетический эфир) применительно к преобразователям мощности для создания значительно меньшей и лёгкой платформы массой 9000 т (вместо эквивалентной массой 26 000 т). Преобразователи комплектуют наподобие трансформаторов и используют с КРУЭ постоянного тока, за счёт чего их площадь уменьшается ещё на 90%. Решением становится подстанция активной мощности на базе электроники, исключая необходимость в платформах коллекторов переменного тока, позволяя включать фидеры прямо в преобразователь

Достойные доклады были представлены по ПТ3 “Прогресс в сфере управления подстанциями”. Доклад В3-310. H. Cunningham (Ирландия), R. Migne (Франция), A. Wilson (Великобритания) “Enablers for Cost Saving in Air Insulated Substation Asset Management” подытоживает работу рабочей группы (РГ) В3.32 по оптимизации управления активами с целью экономии затрат. Статья обсужда-

ет результаты клиентского исследования, характеристики и показатели различных режимов техобслуживания. Отмечена тенденция управления активами, при которой расходы в течение срока службы и “роль” активов считаются более предпочтительными, чем традиционное техобслуживание, что, как правило, приводит к уменьшению числа аварий, требующих вмешательства.

*Доклад В3-213.* L. A. Darian, R. M. Obratsov (Россия) “Development of common technical requirements for monitoring and diagnostic systems to improve availability of substations” рассказывает о том, как российская компания применяет автоматизированную систему контроля и диагностики (АСКД), которая помогает понимать эффективность работы и использования основных фондов. Система нацелена на оптимизацию параметров для анализа, а также объяснения различных уровней процесса, составляющих этот инструмент, и позволяет существенно повысить наблюдаемость и управляемость подстанций.

*Доклад В3-301.* A. J. Phillips D. McGuire (США), C. S. Engelbrecht (Великобритания) “RF Sensors Development and Condition Metric Development for Contaminated Substation Insulation” описывает разработку датчиков с применением радиочастотных технологий для измерения токов утечки на изоляторах из-за внешнего загрязнения и выдачи сигналов о необходимости ремонта. В числе прочего сообщается, как следует предоставлять нетехническим специалистам полезную информацию, которая позволит действовать достаточно оперативно и обоснованно.

## Прочие мероприятия

Руководитель ПК А3 РНК СИГРЭ “Высоковольтное оборудование”, генеральный директор АО “НТЦ ФСК ЕЭС” Игорь Косолапов, руководитель ПК В3 “Подстанции”, заместитель главного инженера ПАО “ФСК ЕЭС” Андрей Епифанов, директор интеллектуальных сетей и связи в энергетике DNV GL Морис Адриаенсен, директор по внешним связям КЕМА Вессел Баккер на стенде Российского национального комитета СИГРЭ в рамках 46-й Сессии СИГРЭ подписали соглашение о взаимодействии по вопросам организации в 2017 г. международной конференции по вопросам разработки и применения технологии “Цифровая подстанция”.

В рамках конференции, которая пройдёт в Москве с 3 по 5 октября 2017 г., предполагается проведение следующих мероприятий:

1. Встреча европейской группы пользователей стандарта МЭК 61850.

2. Совместное обсуждение группой международных пользователей, возглавляемой “КЕМА Nederland B. V.” (DNV GL – Energy), вопросов

сертификации оборудования на соответствие стандарту МЭК 61850.

3. Обсуждение российскими и европейскими специалистами в области проектирования, производства, сертификации и наладки оборудования, связанного с технологией “Цифровая подстанция”, следующей повестки:

- состояние вопроса по внедрению технологии “Цифровая подстанция” на энергообъектах в Европе и РФ;
- тенденции в области создания оборудования и разработки новых технических решений для реализации технологии “Цифровая подстанция”;
- вопросы проектирования подстанций с использованием оборудования, поддерживающего стандарт IEC 61850. Инструментальные средства проектирования;
- комплексные полигонные испытания оборудования, реализующего технологию “Цифровая подстанция”: цели, задачи, методы;

4. Проведение выставки продукции российских компаний, оборудование которых реализовано на базе стандарта МЭК 61850.

Целью конференции является обобщение полученных результатов, извлечение уроков и продвижение передового опыта и ознакомление с результатами конференций и совещаний соответствующих исследовательских комитетов СИГРЭ и МЭК (IEC).

## Заключение

На 46-й сессии СИГРЭ по комитету В3 “Подстанции” обсуждались следующие ключевые вопросы:

повышение экологичности подстанций за счёт применения новых технологий изоляции высоковольтного оборудования;

применение “риск-ориентированного” подхода при управлении активами электроэнергетических компаний;

применение коммуникационных протоколов на базе стандарта МЭК 61850 в системах измерения, защиты и управления ПС, в том числе нарастающий интерес к нетрадиционным/электронным измерительным преобразователям;

пересмотр традиционных стандартов, которые бывают не всегда уместны при использовании новых видов оборудования;

проблема возрастающих динамических усилий на стареющих подстанциях при возникновении токов КЗ, которые заставляют пересматривать некоторые конструкционные решения;

повышение эффективности управления активами, в том числе применения специализированных программ, которые помогают понимать эффективность работы и использования основных фондов;

применение цифровых информационных моделей объектов и САПР для улучшения качества проектирования подстанций.