



АССОЦИАЦИЯ «РОССИЙСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ КОМИТЕТ МЕЖДУНАРОДНОГО СОВЕТА ПО БОЛЬШИМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СИСТЕМАМ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ» (РНК СИГРЭ)

ул. Челомея 5А, Москва, Россия, 117630
ОГРН 1037704033817 ИНН 7704266666
Тел.: (495) 710-95-95
E-mail: cigre@cigre.ru

УТВЕРЖДАЮ
Председатель Технического комитета РНК СИГРЭ

_____ **Ю.В.Шаров**

« _____ » _____ **2017 г.**



Акционерное общество
«Научно-технический центр
Единой энергетической системы»
(АО «НТЦ ЕЭС»)

ул. Курчатова, д. 1, лит. А, Санкт-Петербург, 194223
тел. (812) 297 54 10, факс (812) 552 62 23
E-mail: ntc@ntcees.ru, <http://www.ntcees.ru>
ОКПО 00129704, ОГРН 1027801531427,
ИНН/КПП 7802001298/780201001



Отчет о деятельности за 2016 год

Подкомитета РНК СИГРЭ по тематическому направлению В4
«Электропередачи постоянным током высокого напряжения и
силовая электроника»

Санкт-Петербург, 2017

1. Общие сведения о Подкомитете В4 РНК СИГРЭ

1.1. Подкомитет В4 создан решением Технического комитета РНК СИГРЭ от 29.05.2014 № 3 на базе АО «НТЦ ЕЭС» (Санкт-Петербург). Подкомитет В4 действует на основании Типового положения о подкомитете РНК СИГРЭ по тематическому направлению, форма которого утверждена решением Президиума РНК СИГРЭ от 25.04.2014 № 3/8.

1.2. Предметная область Подкомитета В4 включает следующий перечень изучаемых (рассматриваемых) объектов, систем, процессов, явлений, тем, вопросов по различным аспектам функционирования и развития электроэнергетики:

♦ постоянный ток высокого напряжения: экономические аспекты использования, области применения, планирование, проектирование, эксплуатация, управление, регулирование и защита преобразовательного оборудования и преобразовательных комплексов в целом;

♦ силовая электроника для высоковольтных систем переменного тока и улучшение качества электрической энергии: экономические аспекты использования, области применения, планирование, проектирование, эксплуатация, управление, защита, монтаж и тестирование;

♦ развитие силовой электроники: разработка новых преобразовательных технологий для преобразовательных комплексов постоянного тока высокого напряжения, систем переменного тока и для улучшения качества электрической энергии

Предметная область, а также цели и задачи Подкомитета В4, регулируются решением Технического комитета РНК СИГРЭ и соответствует предмету деятельности исследовательского комитета (ИК) В4 CIGRE « HVDC и силовая электроника» /Study Committee В4 CIGRE «HVDC and power electronics » (далее «SC В4 CIGRE»), рабочих групп / Working Groups в рамках SC В4 CIGRE (далее «WG В4»).

2. Организация деятельности Подкомитета В4 РНК СИГРЭ

2.1. Состав Подкомитета В4 РНК СИГРЭ, состоящий из экспертов, имеющих профессиональные, научные, информационные, технические и производственно-технологические интересы в предметной области тематического направления (ТН) В4, в настоящее время сформирован и актуализируется. В настоящий момент в состав Подкомитета В4 входит 19 человек, основная часть из которых является индивидуальными членами РНК СИГРЭ или представителями коллективных членов.

2.2. В SC В4 CIGRE постоянным членом от Российской Федерации с 2012 года является **Герасимов Андрей Сергеевич**, к.т.н., заместитель генерального директора – директор департамента системных исследований и перспективного развития АО «НТЦ ЕЭС»

2.3. Руководителем Подкомитета В4 РНК СИГРЭ является **Суслова Ольга Владимировна**, к.т.н., главный специалист АО «НТЦ ЕЭС».

2.4. Официальным информационным ресурсом Подкомитета В4 РНК СИГРЭ является специальный раздел на интернет-сайте РНК СИГРЭ:

http://cigre.ru/research_commitets/ik_rus/b4_rus/

На страницах данного раздела размещена следующая информация:

- новостная лента о текущих и прошедших мероприятиях, в которых приняли участие члены Подкомитета В4;
- о предметной области Подкомитета В4;
- о базовой организации;
- о руководителе и составе Подкомитета В4;
- о плане работы на текущий и перспективный периоды;
- о научно-технической деятельности членов Подкомитета В4;
- о проведенных Подкомитетом В4 мероприятиях;

- публикации членов Подкомитета В4;
- техническая библиотека Подкомитета В4.

3. Мероприятия за отчетный период

Мероприятия, выполненные Подкомитетом В4 РНК СИГРЭ за отчетный период, представлены в таблице 1.

Таблица 1

№ п/п	Виды деятельности /сведения о мероприятиях		Отчетный документ, информация о выполнении
	Наименование	Сроки и место проведения	
Часть I. Научно-техническая деятельность по тематическому направлению В4 в России			
1.	Международный форум «NDEхро-2016» - «Высокие технологии для устойчивого развития»	5 – 7 апреля 2016 Москва	<p>На конференции в рамках круглого стола «Электротехника: новые подходы и технологии» представители ПК РНК СИГРЭ В4 представили доклады:</p> <p><i>«Испытательный стенд для систем управления преобразовательной техникой»</i>, докладчики - Суслова Ольга Владимировна, к.т.н. руководитель Подкомитета В4 РНК СИГРЭ, Зеленин Александр Сергеевич, инженер АО "НТЦ ЕЭС";</p> <p><i>«Состояние и перспективы применения электропередач постоянного тока»</i>, докладчик Травин Лев Викторович, к.т.н. начальник информационно-аналитического отдела ФГУП ВЭИ.</p> <p>Сообщение о форуме, презентации докладов размещены на сайте.</p>
2.	Круглый стол ПК В4 «РНК СИГРЭ» и ПАО "ФИЦ" «Проблемы и перспективы развития технологий постоянного тока в ЕЭС России» в рамках Международного Энергетического форума	Май 2016 Санкт-Петербург	<p>Круглый стол был организован при поддержке ПАО «ФИЦ», ОАО «НИИПТ», АО «НТЦ ЕЭС» и проходил в рамках IV Российского международного энергетического форума (РМЭФ-2016) в Санкт-Петербурге.</p> <p>Цель проведенного мероприятия - продвижение технологий постоянного тока с целью расширения их применения в ЕЭС и изолированных энергосистемах Российской Федерации.</p> <p>В соответствии с программой мероприятия было представлено девять докладов участников.</p> <p>Круглый стол завершился принятием итоговых тезисов.</p> <p>Сообщение о форуме, презентации докладов, итоговые тезисы размещены на сайте.</p>

№ п/п	Виды деятельности / сведения о мероприятиях		Отчетный документ, информация о выполнении
	Наименование	Сроки и место проведения	
3.	Формирование предложений по перечню НИОКР по тематическому направлению В4 для включения в инвестиционную программу 2016 года АО «СО ЕЭС», ПАО «ФСК ЕЭС», ПАО «РОССЕТИ» и программу инновационного развития АО «НТЦ ЕЭС» на 2016 год	Май 2016 Санкт-Петербург	В список рекомендованных тематик НИОКР ПАО «Россети» внесены следующие: Разработка, изготовление и испытание устройства комплексного повышения качества электрической энергии на базе СТАТКОМ нового типа (STATCOM-SF). Разработка и исследование объектов постоянного тока на основе модульных многоуровневых преобразователей напряжения. Разработка схемных решений по созданию многоузловых ВПТ для глубокого ограничения токов короткого замыкания в сетях 110-220 кВ мегаполисов, и алгоритмов управления к ним. По теме «Разработка схемных решений по созданию многоузловых ВПТ для глубокого ограничения токов короткого замыкания в сетях 110-220 кВ мегаполисов, и алгоритмов управления к ним» 27 апреля 2016 года на заседании секции «Технологии и оборудование подстанций» НТС ПАО «Россети» был заслушан доклад Лозиновой Н.Г.
4.	Межрегиональная выставка-форум «Современные тенденции распределительного сетевого комплекса».	Июль 2016 Санкт-Петербург	На круглом столе «Надёжность электроснабжения мегаполиса» д.т.н., проф., заместитель заведующего отделом АО "НТЦ ЕЭС" Смоловик Сергей Владимирович представил доклад « <i>Повышение надежности систем электроснабжения мегаполисов на основе использования технологии сверхпроводимости</i> ». Брилинский Андрей Станиславович , заведующий отделом проектирования и развития энергосистем АО «НТЦ ЕЭС» представил доклад « <i>Современные методы ограничения токов короткого замыкания, в том числе на основе использования технологий сверхпроводимости</i> ». Информационное сообщение и презентации докладов размещены на сайте.
5.	VI международная молодежная научно-техническая конференция «Электро-энергетика глазами молодежи - 2016».	Сентябрь 2016 Казань	Поддержка научного направления «Электропередачи постоянным током высокого напряжения и силовая электроника» в рамках конференции: Отбор и рецензирование докладов по научному направлению - Герасимов Андрей Сергеевич .

№ п/п	Виды деятельности /сведения о мероприятиях		Отчетный документ, информация о выполнении
	Наименование	Сроки и место проведения	
6.	I Международный молодежный форум «Интеллектуальные энергосистемы»	Октябрь 2016 Томск	Выступление с докладом «Анализ современных подходов к управлению перспективными многотерминальными электропередачами и сетями постоянного тока» (магистр В.Е. Рудник (НИУ ТПУ), руководители Р.А. Уфа (НИУ ТПУ), О.В. Сулова (АО «НТЦ ЕЭС»).
7.	XXIV конференция ТРАВЭК "Перспективы развития электроэнергетики и высоковольтного оборудования. Коммутационные аппараты, преобразовательная техника, микропроцессорные системы управления и защиты"	Ноябрь 2016 Москва	На конференции представители ПК РНК СИГРЭ В4 и компаний - коллективных членов РНК В4 представили следующие доклады: «Применение электропередач постоянного тока в электрических системах», Травин Лев Викторович , начальник отдела ФГУП «ВЭИ», секретарь ПК 22F МЭК. «Работа линейного УШРТ конструкции АО «НТЦ ФСК ЕЭС» в цикле ОАПВ линии 500 кВ», Матинян А.М., Пешков М.В., Карпов В.Н., Алексеев Н.А. АО «Научно-технический центр ФСК ЕЭС». «Работа линейного УШРТ конструкции АО «НТЦ ФСК ЕЭС» при опробовании ЛЭП 500 кВ односторонним включением на холостой ход», Лешков М.В., Матинян А.М., Карпов В.Н., Алексеев Н.А. АО «Научно-технический центр ФСК ЕЭС». Сообщение о форуме, презентации докладов размещены на сайте.
8.	Научно-практическая конференция РНК СИРГЭ В4 и ПК-6 в рамках международной выставки «Электрические сети России»	Декабрь 2016 г. Москва	Совместная с ПК-6 «Силовая электроника в электроэнергетике» ТК 016 «Энергетика» научно-практическая конференция «Опыт и перспективы применения силовой электроники и электропередач постоянным током для повышения надежности электрических сетей и реализации международных проектов». Заслушаны и обсуждены 20 докладов по тематическим направлениям: 1. Электропередачи постоянным током высокого напряжения. 2. Электропередачи постоянным током и силовая электроника для распределительных электрических сетей. 3. Устройства FACTS и силовой электроники для электрических сетей. Суловой О.В. по итогам конференции подготовлена информационная статья, которая будет опубликована в журнале «Энергия единой сети» марте 2017 года. Ряд докладов научно-практической конференции будет опубликован в виде статей в журналах «Известия НТЦ

№ п/п	Виды деятельности / сведения о мероприятиях		Отчетный документ, информация о выполнении
	Наименование	Сроки и место проведения	
			Единой энергетической системы», «Энергия единой сети». Сообщение о конференции, презентации докладов размещены на сайте.
9.	Участие в работе ПК6 «Силовая электроника в электроэнергетике» ТК016 «Электроэнергетика»	В течение года	29.04.2016 состоялось установочное заседание ПК 6 «Силовая электроника в электроэнергетике» под председательством Корсунова П.Ю. От ПК В4 приняли участие Сулова О.В., Лозина Н.Г., Шакарян Ю.Г. Были обсуждены предложения по первоочередным работам по стандартам в области силовой электроники в электроэнергетике, которые внесены в Программу национальной стандартизации на 2017 г.
10.	Сбор материалов из отечественных журналов и иных публикаций по ТН В4	В течение года	Выполняется. Библиотека наполнена обзором статей по ТН Подкомитета В4 из отраслевых журналов за 2012 – 2016 гг. Сбор новых материалов продолжается на постоянной основе.
11.	Сопровождение раздела по тематическому направлению В4 на сайте www.cigre.ru	В течение года	Ведется наполнение разделов Новости Подкомитета, Состав Подкомитета, Научно-техническая деятельность, Публикации Подкомитета, Техническая библиотека и др.
12.	Публикации по ТН В4.	В течение года	Ключевые публикации <ol style="list-style-type: none"> 1. Belyaev A.N. Bryantsev A.M. Smolovik S.V. Magnetically controlled shunt reactor operation experience in 110-500 kV power grids. Cigre-2016, Paris, France. 2. Сулова О.В., Чекан Г.В. Использование модифицированного топологического метода оценки надежности технических систем на примере электропередачи Россия–Финляндия, включающей вставку постоянного тока. «Известия НТЦ ЕЭС» №1(74), 2016. 3. Гусев А.С., Сулайманов А.О, Р.А. Уфа Р.А., Васильев А.С., Лозина Н.Г. , Сулова О.В. Гибридная модель вставки постоянного тока. «Энергия единой сети»№2 (25), 2016. 4. Ivanova E.A. «Consideration of the unfaulted segment of HVDC line with cable and overhead parts during line fault location using spectrum algorithm». FP0205. HVDC-2016, China. 5. Сулова О.В. Основные тенденции

№ п/п	Виды деятельности / сведения о мероприятиях		Отчетный документ, информация о выполнении
	Наименование	Сроки и место проведения	
			<p>развития и применения электропередач постоянного тока и силовой электроники в энергосистемах (по материалам 46-й сессии СИГРЭ). Известия НТЦ ЕЭС, 2016г. с.140-149.</p> <p>Ведется работа по подготовке публикаций по тематическому направлению В4 в журналы IEEE.</p>
Часть II. Участие представителей России в международном научно-техническом обмене по линии SC В4 CIGRE			
13.	46 сессия Международного Совета по большим электрическим системам высокого напряжения (CIGRE)	Август 2016 Париж	<p>Участие представителей Подкомитета В4 в работе 46-й Сессии CIGRE:</p> <p>1) общие мероприятия (Суслова О.В.);</p> <p>2) дискуссионное заседание SC В4 (Суслова О.В. Травин Л.В.). Суслова О.В. выступила с сообщением «<i>Magnetically controlled shunt reactor use in 110-500 KV power grids</i>»;</p> <p>3) заседание SC В4 (Суслова О.В. Травин Л.В.). Травин Л.В. выступил с сообщением «<i>IEC SC22F - Power electronics for electrical transmission and distribution systems – 2015-2016</i>»;</p> <p>4) дискуссия по тематике WG В4/C1.65 “Recommended voltages for HVDC grids” (Суслова О.В.).</p>
14.	Отчет по материалам ТН В4 46 сессии CIGRE	Сентябрь 2016	<p>Отчет размещен на сайте РНК СИГРЭ в разделе подкомитета В4.</p> <p>Сусловой О.В. подготовлена статья для журнала «Известия «НТЦ ЕЭС» «Основные тенденции развития и применения электропередач постоянного тока и силовой электроники в энергосистемах (по материалам 46-й сессии СИГРЭ)».</p>
15.	Участие в WG В4.64 «Impact of AC System Characteristics on the Performance of HVDC Schemes» («Влияние замыкающих систем переменного тока на свойства эксплуатационные свойства ППТ и ВПТ»):	2013 – 2017	<p>От РНК СИГРЭ членом WG является Лозинова Н.Г. статус – член (member).</p> <p>Лозинова Н.Г. представила отчет об участиях в заседаниях WG.</p> <p>Отчет размещен на сайте РНК СИГРЭ в разделе подкомитета В4.</p>

№ п/п	Виды деятельности /сведения о мероприятиях		Отчетный документ, информация о выполнении
	Наименование	Сроки и место проведения	
16.	Участие в рабочей группе В4.62 «Connection of Wind Farms to Weak AC networks» («Подключение ВЭС к сетям переменного тока малой мощности»)	2013 - 2016	От РНК СИГРЭ членом WG является Сокур Павел Вячеславович , статус – член (member), начальник Центра электрических машин АО «НТЦ ФСК ЕЭС». Группа закончила работе в 2016 году.
17.	Участие в объединенной рабочей группе JWGB4/C1.65 «Recommended Voltages for HVDC Grids» («Рекомендуемые напряжения для сетей постоянного тока»)	2013 – 2016	От РНК СИГРЭ членом WG является Суслова О.В. , главный специалист АО «НТЦ ЕЭС», руководитель подкомитета В4 РНК СИГРЭ, статус – член (member).
18.	Объединенная рабочая группа JWG C4/B4.38 «Network Modelling for Harmonic Studies» («Моделирование энергосистем для исследования гармоник»).	2014-2017	От РНК СИГРЭ членом WG является Иванова Елена Алексеевна , научный сотрудник ОАО «НИИПТ», статус – член (member).
19.	B4-74 Guide to Develop Real-Time Simulation Models (RTSM) for HVDC Operational Studies (Методические указания по разработке моделей реального времени для моделирования HVDC)	2017-2019	От РНК СИГРЭ членом WG является Уфа Руслан Александрович , ассистент каф. Электроэнергетических систем Энергетического института, НИУ ТПУ, Томск.

№ п/п	Виды деятельности / сведения о мероприятиях		Отчетный документ, информация о выполнении
	Наименование	Сроки и место проведения	
20.	II международная конференции по электропередачам постоянного тока высокого напряжения HVDC-2016	Октябрь 2016 Шанхай, Китай	Одно из ключевых ежегодных международных мероприятий по объектам постоянного тока в электроэнергетике. В рамках секции «HVDC Transmission Equipment» Елена Иванова (ОАО «НИИПТ») представила доклад «Consideration of the unfaulted segment of HVDC line with cable and overhead parts during line fault location using spectrum algorithm». Также Елена Иванова принимала активное участие в остальных мероприятиях технической программы конференции. Презентация, текст доклада, а также отчет о конференции размещены на сайте РНК СИРГЭ.
21.	Участие в рабочих группах и заседаниях подкомитета МЭК 22F «Силовая электроника для электрических передающих и распределительных систем»	В течение года	Работа ведется секретарем подкомитета МЭК 22F Травиным Л.В. (ФГУП ВЭИ) согласно плану МЭК и освещается им на ежегодных мероприятиях ПК В4. Сулова О.В. ведет работу в качестве эксперта в двух рабочих группах 22F WG30 и MT11. Информация размещается на сайте РНК СИГРЭ и на сайте МЭК.

4. Основные научно-технические итоги деятельности

4.1. Развитие ППТ и устройств силовой электроники в мировой электроэнергетике

Технологии передач электроэнергии постоянным током высокого напряжения развиваются более 60 лет.

Создание надежных, управляемых электрических сетей является стратегическим приоритетом при освоении новых источников энергии, развитии промышленности, инфраструктурном обеспечении регионов. Во всем мире для этих целей используются технологии постоянного тока (HVDC), которые доказали свою эффективность и дают новые возможности для создания и повышения надежности и пропускной способности существующих системных электрических сетей даже тогда, когда исчерпаны традиционные решения, основанные на технологиях переменного тока.

Основные тенденции развития и применения электропередач постоянного тока и силовой электроники в мировой электроэнергетике по состоянию на 2015-2016 гг.

1. Создание дальних магистральных электропередач постоянного тока на напряжения от ± 500 до ± 1100 кВ мощностью до 10-12 ГВт с тиристорными преобразователями тока (Line Commutated Converter (LCC)) в основном, в странах БРИКС. Лидером в области разработки и эксплуатации таких проектов является Китай, где использование ППТ УВН связано с неравномерностью распределения энергоресурсов и промышленности по территории страны. Основные крупные потребители электроэнергии расположены в центральной и восточной частях Китая, а гидро- и угольные ресурсы – в

западной. В Китае в настоящее время функционируют одна ЛЭП ПТ напряжением ± 600 кВ, 4 ГВт, длиной 1335 км; пять ЛЭП ПТ ± 800 кВ мощностью от 5 до 8 ГВт и длиной от 1907 до 2192 км, десять ЛЭП ± 500 кВ мощностью 3 ГВт длиной от 530 до 1000 км. Ведется строительство: двенадцати ЛЭП постоянного тока ± 800 кВ, мощностью от 6,4 до 8 ГВт длиной от 1400 до 2490 км; пяти ЛЭП постоянного тока ± 1100 кВ, мощностью 12 ГВт и длиной от 2600 до 3800 км. В Индии в период 1989-2014 гг. построены и введены в эксплуатацию пять ППТ ± 500 кВ, мощностью от 1,5 до 2,5 ГВт, а также четыре ВПТ мощностью от 0,1 до 1 ГВт. Ведется строительство двух ППТ ± 800 кВ, 6 ГВт, (одна из них Северо-Восточная Индия – Агра является первой в мире трехподстанционной ППТ такого класса напряжения). Планируется построить еще одну ППТ ± 800 кВ, 3 ГВт. В Бразилии ведется строительство двух биполей магистральной ЛЭП постоянного тока Рио Мадейра ± 600 кВ, мощностью по 3 ГВт, длиной 2375 км от подстанции Порто Вельо на западе до Аракауаро на юго-востоке страны (ABB, Alstom). На севере страны (Бело Монте) строится ГЭС мощностью 11 ГВт, планируется построить две биполярные ЛЭП ± 800 кВ мощностью по 4 ГВт, длиной 2092 - 2439 км, для передачи электроэнергии в центры нагрузки на юге-востоке страны (строительство ведут китайские и бразильские компании).

2. Внедрение электропередач с подводными и подземными кабелями, воздушно-кабельными линиями, вставок постоянного тока с модульными многоуровневыми преобразователями напряжения (ММПН) (Modular Multilevel Converter (MMC)) мощностью до 1400 МВт, напряжением до 520 кВ. Например, в Европе в течение следующих пяти лет будет введено в эксплуатацию 14 ППТ такого типа. Они используются, в том числе, и для передачи электроэнергии через водные преграды, например, от комплекса ветроэлектрических установок в открытом море (ВЭУОМ) или для снабжения электроэнергией островных и полуостровных территорий.

3. Развитие многотерминальных ППТ, объединяющих три и более преобразовательные подстанции на ММПН, а также сложносвязанных сетей постоянного тока.

4. Широкое применение ППТ для присоединения возобновляемых источников электроэнергии к системам переменного тока, а также в распределительных энергосистемах.

5. Широкое внедрение устройств компенсации реактивной мощности; как традиционных статических тиристорных компенсаторов, так и на базе технологии СТАТКОМ.

Среди основных направлений научных и инженерных работ в области технологий передачи электроэнергии постоянным током и силовой электроники для энергосистем (на основе анализа материалов 46 сессии СИГРЭ) можно выделить следующие:

1. Исследование взаимного влияния близко расположенных ППТ и электропередач переменного тока, разработка мер для минимизаций отрицательных последствий этого влияния.
2. Исследование взаимного влияния близко расположенных и электрически связанных инверторов разных ППТ, применение мер для улучшения их устойчивости.
3. Разработка методов управления загрузкой ППТ, соединяющих узлы синхронно работающих энергообъединений.
4. Использование ВПТ для изменения структуры энергосистем с синхронной на асинхронную.
5. Использование ППТ и ВПТ, имеющих в составе ПТ и ПН, так называемых гибридных электропередач.
6. Совершенствование структуры модульных многоуровневых преобразователей напряжения (ММПН).
7. Создание и использование реплик систем управления HVDC/FACTS

4.2. Развитие ППТ и устройств силовой электроники в Российской Федерации

Российскими электроэнергетическими компаниями освоено серийное производство статических тиристорных компенсаторов (СТК), управляемых шунтирующих реакторов (УШР) различных типов, активных фильтрокомпенсирующих устройств (АФКУ) на основе ММПН. Эти устройства применяются в промышленных установках и энергетике в Российской Федерации.

Специалистами АО «НТЦ ФСК» разработана блочно-модульная структура построения управляемого (УУПК) и неуправляемого (НУПК) продольного компенсатора.

Рядом российских компаний выполнены проекты и реализована вставка постоянного тока на преобразователях напряжения (ВПТН) по трехуровневой схеме мощностью 200 МВт (два блока по 100 МВт) на подстанции 220 кВ Могоча, планируется разработка аналогичной ВПНТ на ПС Хани. Ведется разработка проекта электропередачи постоянного тока мощностью 50 МВт со сверхпроводящим кабелем. Выполнены НИОКР и работы созданию опытного образца малогабаритного устройства продольной компенсации (МУПК) для ВЛ 220 кВ. Инициирована работа по реконструкции Выборгского преобразовательного комплекса.

Однако в настоящее время преимущества технологий постоянного тока недостаточно широко и полно используются в энергосистеме Российской Федерации, мало внимания уделяется развитию технологий создания электропередач и вставок постоянного тока.

Факторы, тормозящие производство и внедрение устройств силовой электроники и электропередач постоянного тока в Российской Федерации:

- ограниченные возможности многих предприятий по разработке и производству устройств силовой электроники для энергетики, требующих значительных вложений в исследования, опытные образцы и их испытания.
- трудность привлечения или консолидации ресурсов для реализации крупных проектов, в то время как за рубежом такие задачи решаются в рамках крупных консорциумов, таких как, например, АБВ или Siemens, или при мощной государственной поддержке (Китай, Корея, Япония).

Для развития соответствующих технологий необходимо наличие проектов создания передач и вставок постоянного тока как для распределенных (в т.ч. оффшорных), так и магистральных электрических сетей.

4.3. Диссертационные работы по тематике постоянного тока

Ниже представлена краткая характеристика основных диссертаций по тематике постоянного тока высокого напряжения, над которыми работают члены ПК В4, либо выполняемых в сотрудничестве с членами ПК В4, в том числе и коллективными. Сотрудничество осуществляется в форме стажировок в организациях, являющихся коллективными членами ПК В4, в форме совместных научных исследований.

Уфа Руслан Александрович, член ПК В4, ассистент каф. электроэнергетических систем ЭНИН ТПУ, работает над диссертацией, посвященной разработке технологии гибридного моделирования, а в частности, подхода, позволяющего синтезировать гибридные модели силового оборудования, в том числе и элементов устройств FACTS и HVDC, наиболее полно соответствующих современным требованиям к средствам моделирования. Результаты применения данного подхода для разработки модели вставки постоянного тока на базе преобразователя напряжения, а также их экспериментальные исследования подтверждают его эффективность. Защита диссертация планируется в 2016 году. Руководитель диссертационной работы - к.т.н., зав. кафедрой ЭЭС ЭНИН ТПУ **Сулайманов Алмаз Омурзакович**.

Утц Станислав Андреевич, член ПК В4, ведущий специалист отдела технологий параллельной работы ОАО «СО ЕЭС», работает над диссертацией «Исследование условий

повышения управляемости и устойчивости схемы электроснабжения московского региона (мегаполиса) с применением технологий ИЭС ААС (Smart Grid)». Основной целью данной работы является проведение анализа влияния реализации комплексного подхода по развитию ЭС г. Москвы на улучшение управляемости и устойчивости схемы электроснабжения ЭС г. Москвы и детальное рассмотрение специфики работы энергосистемы мегаполиса в новой схемно-режимной ситуации, включая исследование алгоритмов управления новых устройств (в том числе на основе силовой электроники), с учетом перспективного развития электрической сети 110-220 кВ ЭС г. Москвы до 2020 года. Руководитель диссертационной работы – начальник Департамента технического регулирования АО «СО ЕЭС» д.т.н. **Кучеров Юрий Николаевич**.

Токарь Константин Александрович, аспирант ФГБОУ ВПО "Южно-Уральский государственный университет" (НИУ), работает над диссертацией на тему «Передача постоянного тока как средство обеспечения динамической устойчивости энергосистемы». В работе исследуется ППТ на преобразователях напряжения как одно из эффективных средств обеспечения динамической устойчивости электроэнергетических систем. Руководитель работы - к.т.н., доцент НИУ ЮУрГУ **Андреев Алексей Николаевич**. Токарь Константин Александрович в 2014 году проходил стажировку в АО «НТЦ ЕЭС» и в ОАО «НИИПТ».

Иванова Елена Алексеевна, член ПК В4, научный сотрудник ОАО «НИИПТ» работает над диссертацией на тему «Разработка и исследование алгоритмов определения места повреждения в линиях электропередачи на базе спектрального метода». В работе предлагается спектральный метод ОМП, основанный на анализе составляющих аварийных сигналов высокой частоты. Предлагаемый алгоритм ОМП на базе спектрального метода может быть использован в устройстве ОМП для проектируемой ВЛ постоянного тока между подстанциями ЛАЭС-2 и Выборгская. Руководитель диссертационной работы – к.т.н **Лозинова Наталья Георгиевна**.

4.4. Сотрудничество с научными организациями

Вузы

Активную научно-исследовательскую работу по ТН В4 ведет **Томский Политехнический университет**. Учеными университета (Гусев А.С., Сулайманов А.О., Уфа Р.А., Васильев А.С. и др.) разработана концепция гибридного моделирования, основанная на использовании сразу трех подходов моделирования: аналоговый, цифровой и физический, каждый из которых обеспечивает достижение максимальных свойств в решении отдельных подзадач. Такой подход является перспективным для моделирования в реальном времени энергосистем, содержащих объекты постоянного тока высокого напряжения (ПТВН) различного типа. Данный подход моделирования обеспечивает:

- моделирование в реальном времени без ограничения на длительность воспроизведения процессов;
- моделирование схем объектов ПТ на базе различных типов преобразователей;
- возможность взаимодействия модели с внешними устройствами и системой, включая тестирование в замкнутом цикле;
- обеспечение адекватного воспроизведения процессов реальных ВПТ и сети переменного тока систем во всем диапазоне рабочих, аварийных и послеаварийных режимов.

Еще одним вузом, ведущим работу в ТН В4, является **Ивановский государственный энергетический университет**. Там проводятся исследования, связанные с разработкой программного обеспечения для расчета надежности энергосистем, содержащих ВПТ и ППТ (**Чекан Г.В.**).

Также активная научно-исследовательская деятельность в области технологий постоянного тока ведется в **ФГБОУ ВПО "Южно-Уральский государственный университет"** под руководством профессора кафедры ЭССиС, к.т.н., **Гольдштейна М.Е.**, и доцента НИУ ЮУрГУ **Андреева А.Н.** по тематике, связанной с применением ПТВН для улучшения динамических свойств энергосистем.

Также необходимо отметить работу **Санкт-Петербургского Государственного Политехнического университета**, в котором ведутся исследования в области применения управляемые шунтирующих реакторов в сетях 110-500 кВ. Исследования проводятся д.т.н. профессором **Беляевым А.Н.**, д.т.н. профессором **Евдокуниным Г.А.** в сотрудничестве с коллегами из АО «НТЦ ЕЭС» д.т.н. профессором **Смоловицом С.В.**, к.т.н. **Шескиным Е.Б.**. Работа Беляева А., Брянцева А. и Смоловика С. «Опыт применения управляемых подмагничиванием шунтирующих реакторов в сетях классов напряжения 110 – 500 кВ» была представлена на 46 сессии СИГРЭ.

Отраслевые НИИ

Из отраслевых научно-исследовательских институтов проблематикой ПТВН занимается **ОАО «Научно-исследовательский институт по передаче электроэнергии постоянным током высокого напряжения» (ОАО «НИИПТ»)**. Сотрудниками института исследуется широкий спектр вопросов, связанных с технологиями ПТВН: разработка алгоритмов систем управления, регулирования и защит для преобразовательных устройств различных типов, систем защит для линий постоянного тока, фильтрация высших гармоник объектов ПТВН, защита от перенапряжений, разработка программ полевых и системных испытаний, расчет и проектирование элементов ЛЭП постоянного тока.

Разработанная научным сотрудником ОАО «НИИПТ» **Ивановой Е.А.** методика учета неповрежденного участка кабельно-воздушной линии постоянного тока при определении места короткого замыкания на базе спектрального алгоритма была представлена на II международной конференции по электропередачам постоянного тока высокого напряжения HVDC-2016 в Китае, г. Шанхае в октябре 2016 года.

Направления научной деятельности по ТН В4 АО «НТЦ ЕЭС» (**научный руководитель д.т.н. Кошеев Л.А.**) на базе которого функционирует ПК В4 следующие: разработка физических и математических моделей передач постоянного тока, регулировочные характеристики передач постоянного тока и возможности их использования в системах противоаварийной автоматики, исследования статической (апериодической и колебательной) устойчивости энергосистемы с передачами постоянного тока, определение областей рационального применения ППТ, Влияние ППТ на надежность работы энергосистем, многоподстанционные электропередачи постоянного тока, разработка перспектив применения передач постоянного тока в ЕЭС и для связи с энергосистемами других государств, исследования в области применения управляемые шунтирующих реакторов в сетях 110-500 кВ.

К ключевым направлениям работ по ТН В4 в АО «НТЦ ФСК ЕЭС» (**научный руководитель Шакарян Ю.Г.**) относятся следующие:

- Исследования режимов работы электрических сетей с целью выбора мест установки, мощности и законов регулирования компенсирующих устройств.
- Исследования режимов работы и переходных процессов управляемых (гибких) электропередач и их регулирующих устройств. Выбор состава регулирующих устройств гибких электрических сетей.
- Разработка, испытания и внедрение статических регулирующих устройств для управляемых (гибких) линий электропередачи.
- Разработка и испытания устройств регулирования напряжения и реактивной мощности для электрических сетей промпредприятий.
- Испытания оборудования компенсирующих устройств.

- Испытания сверхпроводникового оборудования.

К ключевым направлениям по ТН В4 **ФГУП «ВЭИ»** относятся:

- технологии создания электронной компонентной базы;
- разработка и создание новых видов преобразовательной техники и силовых полупроводниковых приборов для энергосбережения;
- разработка силовых вентильных модулей;
- разработка технических регламентов, национальных стандартов на электротехническое оборудование и стандартов предприятия.

ФГУП «ВЭИ» ведет активную работу по разработке стандартов МЭК в области силовой электроники и преобразовательной техники. **Травин Лев Викторович** является секретарём подкомитета МЭК 22F «Силовая электроника для электрических передающих и распределительных систем». Одним из главных достижений Льва Викторовича на посту секретаря подкомитета МЭК 22F является инициация разработки полного комплекта стандартов МЭК на основное преобразовательное оборудование установок для электроэнергетики, а именно на тиристорные вентили для преобразователей и на преобразователи в целом для классических электропередач постоянного тока. Один из основных стандартов для электрических испытаний высоковольтных тиристорных вентилях для ППТ и ВПТ уже разработан и действует. Второй стандарт МЭК 60700–2, Изд.1.0 «Тиристорные вентили для электропередач постоянного тока высокого напряжения - Часть 2: Терминология» разработан и вступит в действие в 2016 году. В планах на 2018 год разработка стандарта «Тиристорные вентили для высоковольтных электропередач постоянного тока – Часть 3: Основные предельные параметры и характеристики».

Разработкой и внедрением устройств силовой электроники для гибких линий электропередачи – силовых полупроводниковых преобразователей (СПП) для генерации, преобразования и передачи электроэнергии, регулирования потоков мощности, оптимизацией режимов работы ключевых элементов в СПП, разработкой цифровых системы управления СПП занимаются в **ЭНИН им. Г.М. Кржижановского**, в состав которого входит лаборатория преобразовательной техники им К.А. Круга. В 2016 году специалисты ОАО «ЭНИН» совместно с АО «НТЦ ФСК» разработали опытно-промышленный образец малогабаритного устройства продольной компенсации (МУПК) для ВЛ 220 кВ.

Научно-производственные центры

Активное участие в деятельности ПК В4 принимают представители **ОАО «Электрозавод»**, **Ивакин Виктор Николаевич**, д.т.н. заместитель директора по науке и инновационным программам, **Левченко Валентин Васильевич**, инженер отдела преобразовательной техники. Одной из областей деятельности ОАО «Электрозавод» является разработка и серийный выпуск статических тиристорных компенсаторов и управляемых шунтирующих реакторов.

Также необходимо отметить активную работу в ПК В4 представителей **ООО «НПЦ Саурис Энерго»** к.т.н. **Дроздова Андрея Владимировича** и **Киселева Алексея Николаевича** к компетенциям которых относятся разработка и производство маломощных преобразователей до 1 МВт 0.4.кВ., СТАТКОМ, разработка систем управления, регулирования и защит объектов постоянного тока на преобразователях напряжения различной топологии, разработка систем моделирования преобразователей напряжения в режиме реального времени.

В деятельности ПК В4 активно участвуют представители компаний-производителей УШР, СТК, АФКУ **ООО «АВД-Электро»** (**Виктор Чуприков**, генеральный директор), **«ООО «НПП ЛМ Инвертор»** (**Станислав Гусев**, генеральный директор), **ОАО «Айдис Групп»** (**Павел Булыкин**, генеральный директор).

Также в деятельности ПК В4 участвуют крупные российские производители полупроводниковых приборов **НТЦ "Протон - Электротекс"** (руководитель НТЦ **Сурма Александр Маратович**), ОАО "Электровыпрямитель" (**Алексей Гришанин**, начальник отдела биполярных приборов). Активное участие в мероприятиях ПК В4 приняла компания «Экра» в лице **Владимира Матисона**, директора департамента инжиниринга комплексных решений, компания ООО «Солар Системс» в лице **Юрия Крамского**, главного инженера по инверторному оборудованию и вторичным системам.

4.5. Научно-технические публикации по тематике Подкомитета В4

Список основных научно-технических публикаций размещен в таблице 1.

4.6. Научно-технический обмен и коммуникации

4.6.1. Ключевые мероприятия в Российской Федерации

Круглый стол «Проблемы и перспективы развития технологий постоянного тока в ЕЭС России»

17 мая 2016 года Подкомитет В4 «РНК СИГРЭ» провел круглый стол «Проблемы и перспективы развития технологий постоянного тока в ЕЭС России». Круглый стол был организован при поддержке ПАО «ФИЦ», ОАО «НИИПТ», АО «НТЦ ЕЭС» и проходил в рамках IV Российского международного энергетического форума (РМЭФ-2016) в Санкт-Петербурге.

Цель проведенного мероприятия - продвижение технологий постоянного тока с целью расширения их применения в ЕЭС и изолированных энергосистемах Российской Федерации.

В соответствии с программой мероприятия были представлены следующие доклады.

№	Тема доклада	Докладчик
1	«Перспективы развития систем электропередачи постоянным током. Проектируемые возможности Федерального испытательного центра (ФИЦ) в области испытаний электрооборудования для электропередач постоянным током высокого напряжения»	Мамонтов Андрей Клавдиевич , Директор по технической политике и инжинирингу ПАО "ФИЦ"
2	«Разработка стандартов в области силовой электроники и преобразовательной техники в Техническом Подкомитете 22F МЭК»	Травин Лев Викторович , начальник отдела ФГУП «ВЭИ», секретарь ПК 22F МЭК
3	«Состояние технологий электропередач постоянным током и силовой электроники как индикатор общего промышленного развития страны»	Лозина Наталья Георгиевна , заместитель генерального директора, научный руководитель ОАО "НИИПТ", к.т.н.
4	«Системные аспекты применения технологий постоянного тока и устройств FACTS в ЕЭС России»	Герасимов Андрей Сергеевич , к.т.н., заместитель генерального директора - директор департамента системных исследований и перспективного развития АО «НТЦ ЕЭС»

№	Тема доклада	Докладчик
5	Системный подход к тестированию САУ мощных преобразовательных комплексов постоянного тока	Дроздов Андрей Владимирович , ООО «НПЦ САУРУС ЭНЕРГО», технический директор
6	«Изготовление и испытания кабелей постоянного тока напряжением до 500 кВ»	Бескорвайный Анатолий Юрьевич , главный технолог завода «Таткабель»
7	«Особенности расчета и конструирования ОПН для защиты оборудования постоянного тока»	Демьяненко Ксения Борисовна - к.т.н. научный руководитель ООО "Севзаппром"
8	«Волоконно-оптические измерительные трансформаторы постоянного тока».	Александров Леонид Борисович . директор по развитию АО «Профотек»
9	«Высоковольтные вводы постоянного тока: изготовление, проектирование и испытание»	Кириухин Павел Викторович Заместитель главного конструктора Компании «Изолятор»

Круглый стол был посвящен обсуждению проблем и задач развития испытательной базы для преобразовательной техники, другого оборудования для электропередач постоянным током и устройств FACTS; актуальных направлений работ в сфере стандартизации и аттестации в области преобразовательной техники, силовой электроники, оборудования для воздушных и кабельных линий электропередач постоянным током; актуальных разработок и технических решений в области силовой электроники, преобразовательного оборудования, технологий электропередачи постоянным током и их использованию в ЕЭС России и для связи с другими энергосистемами.

На обсуждение были вынесены актуальные вопросы, определяющие направление исследований и развития техники в области технологий постоянного тока в ЕЭС России:

1. Актуальные направления работы в сфере стандартизации и аттестации в области преобразовательной техники, силовой электроники, оборудования для ВЛ постоянного тока.

2. Научно-технические возможности и производственно-технологические потребности, обуславливающие актуальность применения электропередач постоянным током, устройств FACTS и другой силовой электроники в ЕЭС России.

3. Преимущества линий электропередач, вставок постоянного тока (ВПТ) и иного электрооборудования на основе технологий постоянного тока, особенности их функционирования и эксплуатации в российской электроэнергетике, проблемы эксплуатации и внедрения и пути их решения.

В круглом столе приняли участия специалисты ПАО «ФИЦ», ОАО «НИИПТ», АО «НТЦ ЕЭС», ФГУП «ВЭИ», члены подкомитета В4 РНК СИГРЭ, представители высших учебных заведений - СПбПУ, Петербургского энергетического института повышения квалификации Министерства энергетики Российской Федерации (ПЭИПК), Центра кластерного развития Санкт-Петербурга, а также производители электротехнического оборудования - Концерна Русэлпром, ОАО ВНИИКТ, ЗАО «ЗЭТО», ОАО «Айдис Групп», ООО «Солар Системс», ООО «КЭР-ИнЭл», ОАО Белэнергоремналадка и др.

Участники дискуссии отметили, что развитие технологий электропередачи постоянным током является одним из глобальных трендов развития электроэнергетики. Страны-лидеры производственно-экономического развития активно инвестируют ресурсы в проекты передач и вставок постоянного тока (ППТ и ВПТ) и FACTS опережающими темпами, в том числе через целевые государственные программы. Общая пропускная

способность ППТ и ВПТ, введённых в эксплуатацию за последние 40 лет в мире, достигла 100 ГВт, за следующую декаду планируется ввести в эксплуатацию ППТ и ВПТ общей пропускной способностью более 250 ГВт. В период с 2010 по 2030 гг. на электропередачи постоянного тока придется от 22 до 25 % общей пропускной способности введенных в эксплуатацию, строящихся и планируемых к строительству в Европе электропередач. Мировой рынок преобразовательного оборудования для ППТ и ВПТ растет: в 2006 году объем рынка составил 1,1 млрд. евро, в 2012 г. - 8,3 млрд. евро, прогноз на 2020 год – 89,6 млрд. евро. На сегодняшний день все мировые ведущие испытательные центры электротехнического оборудования оснащены лабораториями для аттестации управляемых линий электропередачи и другого оборудования постоянного тока, в том числе планируется оснастить такой лабораторией и Федеральный испытательный центр. Лабораторный комплекс с классом номинального напряжения испытуемого оборудования до 1200 кВ включительно обеспечит проведение испытаний электротехнического оборудования, в том числе и тиристорных вентилях. В составе лабораторного комплекса линий УНВ проектируется уникальный для РФ испытательный двухцепный пролет линии УВН до 1200 кВ переменного или ± 800 кВ постоянного тока с возможностью моделирования гибридных ВЛ.

Участники круглого стола отметили важность работы по разработке международных и отечественных стандартов в области силовой электроники и преобразовательной техники для электроэнергетики. В рамках МЭК этой деятельностью занимается исследовательский комитет 22F (ПК 22F), председатель ПК 22F - ZHOU Huigao (КНР), секретарь – Травин Л.В. (ФГУП ВЭИ, Российская Федерация). Сейчас в ПК 22F работают от 87 экспертов из различных стран мира, 17 Рабочих Групп и Групп Поддержки, 10 развитых стран имеют право голоса, 22 страны присылают наблюдателей. ПК 22F МЭК работает в тесном сотрудничестве с Исследовательским Комитетом В4 СИГРЭ «Электропередачи постоянного тока и силовая электроника».

Учитывая наличие транснациональных корпораций, добившихся монопольного положения на мировом рынке силовой электроники для электрических систем, техническая политика секретариата ПК 22F состоит в том, чтобы максимально расширить комплексную стандартизацию всех видов изделий силовой электроники и противодействовать монополизму, что полностью соответствует технической политике МЭК в целом.

Также для обеспечения качества действующих и разрабатываемых отечественных государственных стандартов на элементы, оборудование и системы силовой электроники для электрических систем необходимо непрерывно проводить работу по анализу новых и обновляемых международных стандартов МЭК в этих областях и их сопоставлению с существующими и разрабатываемыми отечественными стандартами.

Участники отметили, что исследования и испытания промышленных образцов систем управления мощными преобразовательными комплексами целесообразно проводить с использованием различных моделей, функционирующих в режиме реального времени. Такое моделирование должно предшествовать системным испытаниям объектов постоянного тока, что позволяет снизить материальные риски, связанные с проведением системных испытаний в реальной сети. Сегодня компании, занимающиеся разработкой и исследованием систем регулирования, разрабатывают и используют испытательные стенды устройств управления преобразовательной техникой. В частности, цифровой блок для моделирования в режиме реального времени разработан в ООО «НПЦ САУРУС ЭНЕРГО». Испытательный стенд устройств управления преобразователями тока и напряжения разработан в рамках цифро-аналого-физического комплекса (ЦАФК) АО «НТЦ ЕЭС».

Выступающие отметили, что в настоящее время российскими производителями освоено производство основного оборудования для передач и вставок постоянного тока – линейные изоляторы, вводы, тиристоры, кабели постоянного тока для подземной прокладки высоких классов напряжения, трансформаторно-реакторное оборудование, измерительные устройства. При этом производство оборудования постоянного

тока ориентировано не только на внутренние потребности энергетики, но и на мировой рынок. Представители «НПЦ САУРУС ЭНЕРГО», завода «Таткабель», ООО «Севзаппром», АО «Профотек», завода «Изолятор» представили свои освоенные технологии производства оборудования для электропередач постоянным током и устройств FACTS и перспективные разработки.

Докладчики и участники дискуссии выразили мнение, что востребованность технологий постоянного тока в современной российской электроэнергетике, как и их стратегическая значимость для будущего ее развития не вызывает сомнений. Наиболее перспективным на сегодня областями применения электропередач постоянного тока в ЕЭС России являются:

- энергоснабжение удаленных потребителей;
- развития энергосистем мегаполисов;
- подключение к энергосистеме малой и распределенной генерации;
- улучшение качества электроэнергии.

По итогам работы мероприятия его участниками был обсужден и принят протокол, который размещен на сайте РНК СИРГЭ.

Научно-практическая конференция «Опыт и перспективы применения силовой электроники и электропередач постоянным током для повышения надежности электрических сетей и реализации международных проектов»

8.12.2016 в рамках ежегодной международной специализированной выставки «Электрические сети России – 2016» состоялась научно-практическая конференция «Опыт и перспективы применения силовой электроники и электропередач постоянным током для повышения надежности электрических сетей и реализации международных проектов». Мероприятие было организовано подкомитетом РНК СИРГЭ В4 «Электропередачи постоянным током высокого напряжения и силовая электроника» при поддержке ведущего научно-технического партнера АО «НТЦ ЕЭС», подкомитетом ПК-6 «Силовая электроника в электроэнергетике» ТК 016 «Электроэнергетика» при поддержке базовой организации ПАО «ФСК ЕЭС».

Цель мероприятия - продвижение технологий постоянного тока, силовой электроники, устройств FACTS с целью расширения их применения для повышения надежности электрических сетей и реализации международных проектов.

В ходе конференции обсуждались следующие вопросы:

- Развитие национальной системы стандартизации в области силовой электроники в электроэнергетике.
- Подходы к созданию математических моделей (в том числе реального времени) систем постоянного тока, преобразовательной техники для энергосистем, устройств FACTS.
- Стратегии управления устройствами FACTS (в частности, УШРТ и СТК) в переходных режимах.
- Перспективы применения в энергосистеме РФ устройств для продольной компенсации различного вида.
- Вопросы разработки и применения в энергосистеме РФ устройств активной фильтрации и компенсации реактивной мощности.
- Вопросы разработки и применения в энергосистеме РФ оборудования для передач постоянного тока для распределительных электрических сетей.
- Проблемы внедрения силовой электроники при строительстве объектов генерации на основе ВИЭ.
- Общие проблемы внедрения силовой электроники в электроэнергетику РФ и пути их решения.
- Развитие отечественной элементной базы для преобразовательного оборудования и электропередач постоянного тока.
- Вопросы перспективного развития электропередач и вставок постоянного тока.

Программа конференции включала следующие доклады.

№	Тема доклада	Докладчик
1.	Обзор направлений научных и инженерных работ в области технологий передачи электроэнергии постоянного тока и силовой электроники для энергосистем по материалам 46 сессии СИГРЭ	Суслова Ольга Владимировна ведущий научный сотрудник АО «НТЦ ЕЭС», руководитель подкомитета РНК СИРЭ В4
2.	О работе ПК МЭК 22F «Силовая электроника для электрических передающих и распределительных систем» в 2016 году	Травин Лев Викторович секретарь ПК МЭК 22F, ФГУП ВЭИ
3.	Силовая электроника ГК ЭКРА для электроэнергетики	Матисон Владимир Арнольдович Директор департамента инжиниринга комплексных решений ООО «КомплектЭнерго»
4.	Модернизация системы управления УШРТ 500 кВ с расщепленной вентильной обмоткой для выполнения им функций линейного реактора	Матинян Александр Маратович Начальник отдела моделирования и исследования управляемых электропередач переменного и постоянного тока центра высоковольтной преобразовательной техники АО «НТЦ ФСК ЕЭС»
5.	Стратегии совместного регулирования СТК и УШРП на ПС 220 кВ Майя и Томмот	Чуприков Виктор Сергеевич Генеральный директор ООО "АВД-Электро"
6.	Моделирование работы УШРТ в переходных режимах линии	Чуприков Виктор Сергеевич Генеральный директор ООО "АВД-Электро"
7.	Опыт внедрения силовой электроники при строительстве объектов генерации на основе ВИЭ и особенности их интеграции в электрические сети.	Крамской Юрий Григорьевич Главный инженер по инверторному оборудованию и вторичным системам ООО "Солар Системс"
8.	Проблема совместной работы объектов постоянного тока и расположенных вблизи них тепловых электрических станций	Ярох Нина Сергеевна, младший научный сотрудник ОАО «НИИПТ»
9.	О текущей деятельности ПК-6	Архипов Игорь Леонидович, Начальник Департамента инновационного развития ПАО ФСК ЕЭС, ответственный секретарь ПК-6
10.	Программно-технические средства всережимного моделирования в реальном времени вставок постоянного тока в электроэнергетических системах	Уфа Руслан Александрович Ассистент каф. электроэнергетических систем ЭНИН ТПУ, г. Томск
11.	Моделирование передач и вставок постоянного тока на базе преобразователя напряжения в длительных (установившихся) рабочих и аварийных режимах энергосистем	Токарь Константин Александрович аспирант кафедры "Электрические станции, сети и системы электроснабжения"

		НИУ "ЮУрГУ", Челябинск
12.	Разработка и исследование опытного образца малогабаритного устройства продольной компенсации для ЛЭП 220 кВ.	Панфилов Дмитрий Иванович Заместитель генерального директора, научный руководитель ОАО «ЭНИН»
13.	Коммутируемые тиристорными вентилями устройства продольной компенсации (УПК) блочно-модульной конструкции для ВЛ 220-500 кВ.	Фокин Владимир Константинович Главный научный сотрудник отдела моделирования и исследования управляемых электропередач переменного и постоянного тока центра высоковольтной преобразовательной техники АО «НТЦ ФСК ЕЭС»
14.	Оборудование для передачи постоянного тока напряжением 20 кВ для распределительных сетей	Карпов Виктор Николаевич Зав. лабораторией по испытаниям высоковольтных преобразовательных комплексов Центра высоковольтной преобразовательной техники АО «НТЦ ФСК ЕЭС»
15.	Современные решения для регулирования потоков электрической энергии и управления ее качеством.	Гусев Станислав Иванович Генеральный директор ООО «НПП ЛМ Инвертор»
16.	Вопросы построения транспортной сети постоянного тока	Шульга Роберт Николаевич ведущий научный сотрудник ФГУП ВЭИ
17.	Вставка постоянного тока как элемент распределительной сети переменного тока	Шульга Роберт Николаевич, ведущий научный сотрудник ФГУП ВЭИ
18.	Облик цифровой системы управления, регулирования и защит перспективной вставки постоянного тока	Местергази Василий Алексеевич инженер первой категории ФГУП ВЭИ
19.	Силовые тиристоры для преобразовательного оборудования электропередач постоянного тока	Гришанин Алексей Владимирович начальник отдела биполярных приборов ОАО "Электровыпрямитель"

Сусловой О.В. по итогам конференции подготовлена информационная статья, которая будет опубликована в журнале «Энергия единой сети» марте 2017 года. Ряд докладов научно-практической конференции будет опубликован в виде статей в журналах «Известия НТЦ Единой энергетической системы», «Энергия единой сети».

По итогам работы мероприятия его участниками был обсужден и принят протокол, который размещен на web-сайте РНК СИГРЭ на странице ПК В4 в разделе «Документы».

Из решений по итогам научно-практической конференции:

1. Рекомендовать профессиональному энергетическому сообществу принять к сведению информацию:
 - 1.1 О наличии в РФ актуализированных возможностей по разработке и изготовлению преобразовательного оборудования для электропередач и вставок постоянного тока мощностью от 50 до 3500 МВт, современных устройств регулирования потоков мощности, активных фильтро-компенсирующих и симметрирующих устройств на силовой отечественной элементной базе.
 - 1.2 Об экономической эффективности от внедрения технологий постоянного тока и устройств на базе силовой электроники в электроэнергетику;

- 1.3 О наличии перспективных сфер применения устройств на базе силовой электроники и электропередач постоянного тока на внутреннем рынке РФ и внешних рынках.
2. Принять к сведению информацию о ПК 22F МЭК, областью деятельности которого является стандартизация преобразовательного и/или полупроводникового коммутационного оборудования и систем силовой электроники, включая средства их контроля, регулирования, защиты, охлаждения и другие вспомогательные системы, и их применение в электрических передающих и распределительных системах.
 3. Признать необходимость проведения работ по актуализации базисных показателей стоимости преобразовательных подстанций, их отдельных элементов, устройств FACTS (синхронных компенсаторов, СТК, СТАТКОМ, управляемых шунтирующих реакторов, активных фильтро-компенсирующих устройств и др.), используемых при разработке технико-экономических обоснований для внедрения и эксплуатации систем силовой электроники и ППТ в энергосистеме Российской Федерации, а также показателей стоимости обслуживания и владения этим оборудованием.
 4. Рекомендовать в рамках подкомитета РНК СИГРЭ В4 в 2017 году создать рабочую группу «Анализ технико-экономического обоснования применения статических и электромашинных устройств FACTS», одной из задач которой станет актуализация базисных показателей стоимости указанного в п. 3 оборудования с использованием данных отечественных и зарубежных производителей.
 5. Рекомендовать ПАО «ФСК ЕЭС» рассмотреть возможность разработки мероприятий, стимулирующих сетевые компании и потребителей к целесообразному внедрению устройств силовой электроники и ППТ в энергосистему РФ.
 6. Признать целесообразным проведение постоянной работы Подкомитетом В4 по расширению использования web-сайта и информационных партнеров РНК СИГРЭ, научно-технических мероприятий, проводимых в рамках РНК СИГРЭ и CIGRE для распространения информации об отечественных разработках, производителях, результатах научных исследований в области силовой электроники в электроэнергетике и ППТ.
 7. Признать необходимость привлечения высококвалифицированных специалистов к работе подкомитета ПК22F МЭК и организации финансирования их участия в деятельности подкомитета для получения результатов, необходимых для повышения конкурентоспособности российского электротехнического оборудования, расширения рынков для отечественной продукции.
 8. Подкомитетам РНК СИГРЭ В4 и ПК-6 провести научно практическую конференцию «Опыт и перспективы применения устройств на базе силовой электроники и электропередач постоянного тока для повышения надежности электрических сетей и реализации международных проектов» в рамках ежегодной международной специализированной выставки «Электрические сети России» в г. Москва, декабрь 2017 года.

XXIV Международная конференция ТРАВЭК

Одной из ключевых площадок для обсуждения технических вопросов по ТН В4 является конференция «Перспективы развития электроэнергетики и высоковольтного электротехнического оборудования. Коммутационные аппараты, преобразовательная техника, микропроцессорные системы управления и защиты» организатором которой является Международная Ассоциация ТРАВЭК. 28-29 ноября 2016 года в Москве состоялась очередная XXIV конференция. На конференции представители ПК РНК СИГРЭ В4 и компаний - коллективных членов РНК В4 представили следующие доклады:

«Применение электропередач постоянного тока в электрических системах», Травин Лев Викторович, начальник отдела ФГУП «ВЭИ», секретарь ПК 22F МЭК.

«Работа линейного УШРТ конструкции АО «НТЦ ФСК ЕЭС» в цикле ОАПВ линии 500 кВ», Матинян А.М., Пешков М.В., Карпов В.Н., Алексеев Н.А, АО «Научно-технический центр ФСК ЕЭС».

«Работа линейного УШРТ конструкции АО «НТЦ ФСК ЕЭС» при опробовании ЛЭП 500 кВ односторонним включением на холостой ход», Пешков М.В., Матинян А.М., Карпов В.Н., Алексеев Н.А. АО «Научно-технический центр ФСК ЕЭС».

«Полупроводниковые приборы и сборки "Протон-Электротекс" для аппаратуры силовой электроники» Сурма Александра Маратовича, "Протон - Электротекс".

«Некоторые особенности построения транспортных и распределительных сетей постоянного тока», Дружинин Михаил Юрьевич, НИУ "МЭИ".

4.6.2. Ключевые международные мероприятия

46 сессия СИГРЭ

Ключевым международным мероприятием в 2016 году явилась 46 сессия СИГРЭ. Представители ПК В4 приняли участие в мероприятиях Исследовательского комитета CIGRE В4. Руководитель подкомитета РНК СИГРЭ В4 Сулова О.В. выступила с сообщением «Magnetically controlled shunt reactor use in 110-500 KV power grids». По материалам ИК В4, представленным на заседание Сессии СИГРЭ 2016 руководителем подкомитета В4 Суловой О.В. в журнале «Известия НТЦ Единой энергетической системы» опубликована статья «Основные тенденции развития и применения электропередач постоянного тока и силовой электроники в энергосистемах (по материалам 46-й сессии СИГРЭ)». Отчет по материалам ТН В4, представленным на 46 сессии СИГРЭ, размещен на сайте РНК СИГРЭ.

На закрытом заседании SC В4 Травин Лев Викторович, секретарь ПК МЭК 22F, начальник отдела ФГУП «ВЭИ» представил презентацию «IEC SC22F - Power electronics for electrical transmission and distribution systems – 2015-2016», посвященную работе ПК МЭК 22F в 2015 – 2016 гг.

II международная конференция «Электропередачи постоянного тока высокого напряжения» «HVDC – 2016»

В октябре 2016 года в г. Шанхай, Китай состоялась вторая международная конференция «Электропередачи постоянного тока высокого напряжения» «HVDC – 2016». Конференция проводится в Китае ежегодно. Основная тема конференции «HVDC –2016» «Электропередачи постоянным током высокого напряжения как средство глобальной интеграции энергосистем».

За последние 15 лет Китайская энергосистема стала площадкой для внедрения новых технологий электропередач постоянного тока. Активно используются все известные преимущества постоянного тока для передачи электрической мощности на дальние расстояния, через водные преграды на островные и полуостровные территории, для осуществления глубоких вводов в промышленные центры и большие города, присоединения изолированных энергосистем к единой электрической сети, осуществления несинхронного объединения энергосистем переменного тока, получение электроэнергии с ветроэлектрических установок (ВЭУ) в открытом море.

На конференции «HVDC –2016» было представлено более 150 докладов. Основные тематики - оборудование, алгоритмы управления, регулирования и защиты для ППТ с применением линейно коммутируемых преобразователей, оборудование, алгоритмы управления, регулирования и защиты для ППТ с применением модульных многоуровневых преобразователей напряжения (ММПН), новые топологии ММПН, топологии, стратегии управления и защиты в электрических сетях постоянного тока.

В рамках секции «HVDC Transmission Equipment» научный сотрудник ОАО «НИИПТ» **Иванова Елена** представила доклад «Consideration of the unfaulted segment of HVDC line with cable and overhead parts during line fault location using spectrum algorithm».

4.7. Нормативно-техническое регулирование в области силовой электроники, используемой в электроэнергетике

В настоящее время во всем мире происходит интенсивное развитие силовой электроники, а также внедрение ее в электроэнергетику и промышленность. При этом в Российской Федерации отсутствуют актуализированные стандарты и стандарты предприятий, соответствующие стандартам МЭК, разработанным в ПК F22, который занимается стандартизацией преобразовательного и/или полупроводникового коммутационного оборудования и систем силовой электроники.

В 2015 году Росстандарт принял решение о расширении деятельности ТК 016 «Электроэнергетика», в частности, о развитии стандартизации в сфере силовой электроники, используемой в электроэнергетике.

2 февраля 2016 года состоялось заседание ТК 016, на котором было принято решение о создании подкомитета «Силовая электроника», зеркального по отношению к подкомитету МЭК SC22F. Формирование подкомитета проводится на базе члена ТК 016 – ПАО «ФСК ЕЭС», и сопровождается определением функциональных направлений, состава подкомитета, разработкой плана работ, подготовкой организационных документов.

29.04.2016 состоялось установочное заседание ПК 6 «Силовая электроника в электроэнергетике» под председательством Корсунова П.Ю. От ПК В4 приняли участие Сулова О.В., Лозина Н.Г., Шакарян Ю.Г. Были обсуждены предложения по первоочередным работам по стандартам в области силовой электроники в электроэнергетике, которые внесены в Программу национальной стандартизации на 2017 г.

Таблица 2

Предложения подкомитета ПК-6 «Силовая электроника в электроэнергетике»
ТК 016 «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА»
в Программу разработки национальных стандартов

Наименование проекта	
1.	Терминология для электропередач постоянного тока высокого напряжения
2.	Терминология для преобразователей напряжения в электропередачах постоянного тока высокого напряжения
3.	Тиристорные вентили для электропередач постоянного тока высокого напряжения, Часть 1: Терминология
4.	Установки постоянного тока высокого напряжения – Системные испытания
5.	Электропередачи постоянного тока высокого напряжения – Применение активных фильтров
6.	Электропередачи постоянного тока высокого напряжения – руководство по спецификации и проектированию фильтров гармоник на стороне переменного тока, Часть 1: Общий обзор
7.	Электропередачи постоянного тока высокого напряжения – руководство по спецификации и проектированию фильтров гармоник на стороне переменного тока, Часть 2: Режимы работы
8.	Электропередачи постоянного тока высокого напряжения – руководство по спецификации и проектированию фильтров гармоник на стороне переменного тока, Часть 3: Моделирование
9.	Электропередачи постоянного тока высокого напряжения – руководство по спецификации и проектированию фильтров гармоник на стороне переменного тока, Часть 4: Оборудование

4.8. Перспективные направления деятельности Подкомитета В4

К наиболее важным и перспективным направлениям деятельности Подкомитета В4 можно отнести следующие:

1. Организация участия членов Подкомитета в совместном коллоквиуме CIGRE SC В4, D1 & А3 (Канада, Виннипег, 30.09-6.10.17).
2. Отбор и рецензирование докладов для представления на 48 сессию CIGRE.
3. Активное участие членов Подкомитета В4 РНК СИГРЭ в работе действующих рабочих групп Исследовательского комитета В4 CIGRE.
4. Участие в реализации плана работ по стандартизации ПК-6 «Силовая электроника в электроэнергетике» ТК 016 «Электроэнергетика» Росстандарта в 2017 году.
5. Расширение представительства от России в подкомитете 22 F МЭК «Силовая электроника для электрических передающих и распределительных систем».
6. Участие членов Подкомитета В4 в регулярно проводимых конференциях, семинарах, круглых столах по актуальным вопросам технологий постоянного тока высокого напряжения, а также организация иных форм коммуникации в российском профессиональном сообществе в целом, которая способствует объединению усилий в решении научно-технических проблем, повышению эффективности подготовки и проведения необходимых исследований, обмену опытом, привлечению внимания широкой аудитории к тематике ПТВН.
7. Участие в подготовке и работе международной научно-технической конференции «Электроэнергетика глазами молодежи» в 2017 году, а также подготовка к проведению основного собственного мероприятия Подкомитета В4 в 2017 году.
8. Формирование и начало работы Рабочих групп ПК В4 по следующим темам:
 - Анализ технико-экономического обоснования применения статических и электромашинных устройств FACTS;
 - Анализ проблем функционирования вставок постоянного тока с применением преобразователей напряжения (ВПТН) на примере ВПТН на ПС220 кВ Могоча.

Руководитель Подкомитета
РНК СИГРЭ В4, к.т.н.

О.В.Суслова