Некоммерческое партнерство
«НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СОВЕТ
Единой энергетической системы»

109044 г.Москва, Воронцовский пер., дом 2
Тел. (495) 912-1078, 912-5799, факс (495) 632-7285
E-mail: dtv@nts-ees.ru, http://www.nts-ees.ru/

УТВЕРЖДАЮ
Первый заместитель Председателя
Научно-технической коллегии
НП «НТС ЕЭС», д.т.н., профессор

_____ **В.В. Молодюк**

«14» декабря 2015 г.

ПРОТОКОЛ

совместного заседания секции «Электротехническое оборудование» НП «НТС ЕЭС» и НТС ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС» по темам:

1. «Системные испытания СТАТКОМ на ПС «Могоча», научно-техническое сопровождение ввода в работу и эксплуатации оборудования СТАТКОМ на ПС «Могоча».

2. «Исследование и разработка программно-технического комплекса управления УШРТ 500 кВ 180 Мвар в паузе ОАПВ и при включении линии 500 кВ на холостом ходу».

3. «Разработка и изготовление опытно-промышленного образца управляемого УПК для ВЛ 500 кВ Саяно-Шушенской ГЭС – ПС 500 кВ Новокузнецкая».

07 декабря 2015 г. **г. Москва**

Присутствовали члены секции и НТС:

ДЕМЕНТЬЕВ Юрий Александрович	-	Заместитель генерального директора – главный инженер;
ШАКАРЯН Юрий Гевонодович	-	Научный руководитель, **Председатель секции;**
ТИМАШЕВА Лариса Владимировна	-	Начальник ЦЭО;

ХРЕННИКОВ Александр Юрьевич	-	**Учёный секретарь секции.**
НОВИКОВ Николай Леонтьевич	-	Заместитель Научного руководителя;
МОРЖИН Юрий Иванович	-	Директор по информационно-управляющим системам;
ТИМАШЕВА Лариса Владимировна	-	Начальник ЦЭО;
АНТОНОВ Анатолий Викторович	-	Начальник Центра высоковольтной преобразовательной техники;
ПОПОВ Сергей Григорьевич –	-	начальник отдела реализации технологии «Цифровая подстанция Научный руководитель;
ТОКАРСКИЙ Андрей Юрьевич	-	Ведущий эксперт;
ЛАЗАРЕВ Григорий Бенционович	-	Начальник отдела;
РЯБЧЕНКО Владимир Николаевич	-	Главный технолог Дирекции по проектированию и реализации инновационных проектов;
АБАКШИН Павел Сергеевич	-	Начальник отдела;
ЛЮБАРСКИЙ Юрий Яковлевич	-	Заведующий лабораторией;
СЫТНИКОВ Виктор Евгеньевич	-	Заместитель Научного руководителя;
СОКУР Павел Вячеславович	-	Начальник центра – начальник отдела асинхронизированных машин;
МАКОКЛЮЕВ Борис Иванович	-	Главный научный сотрудник.

Приглашённые – Вишняков Н.Г., Карпов В.Н., Матинян А.М., Булыкин П.Ю., Пешков М.В., Новиков А.Н., Рожков Д.Ю.

СЛУШАЛИ:

По 1 вопросу с докладом **«Системные испытания СТАТКОМ на ПС «Могоча», научно-техническое сопровождение ввода в работу и эксплуатации оборудования СТАТКОМ на ПС Могоча»** выступил **ведущий научный сотрудник Центра высоковольтной преобразовательной техники Пешков Максим Валерьевич.**

Целью работы является:

1. Проверка соответствия электрических характеристик вставки постоянного тока на основе СТАТКОМа (ВПТН) Техническому заданию на Забайкальский преобразовательный комплекс на ПС 220 кВ «Могоча» с учетом несоответствия показателей качества электроэнергии на шинах 220 кВ ПС «Могоча» ГОСТ.
2. Определение влияния ВПТН на работу энергосистемы: изменение показателей качества электроэнергии, демпфирование колебаний, работу в качестве элемента противоаварийной автоматики.

В докладе рассмотрены основные результаты выполнения работ по 1 и 2 этапу:

- Проведен анализ исходных данных для проведения системных испытаний преобразовательного комплекса: протоколы испытаний каналов связи системы ПА; протоколы испытаний преобразователей комплекса в апробированных режимах работы (в режимах компенсации реактивной мощности и в режимах передачи энергии Запад-Восток, Восток-Запад). Представлен научно-технический отчет.
- Проведены расчеты режимов ВПТН в предполагаемых испытательных схемах. Проведен анализ расчетов режимов и переходных процессов, предполагаемых при проведении системных испытаний.
- Разработаны рекомендации по проведению системных испытаний ВПТН, включающие требования к режимам и схемам работы ВПТН, режимам работы электрической сети, объему измерений и дополнительным средствам измерений.
- Разработаны требования к системным испытаниям, согласованные с Системным оператором 10.04.2015 года.
- Разработан проект технической программы системных испытаний СТАТКОМ на ПС Могоча.
- Разработаны цифровые модели энергосистем ОЭС Сибири и ОЭС Востока в окрестностях ПС «Могоча» с учетом требуемых уровней несимметрии напряжения, частотных характеристик.
- Разработана подробная цифровая модель ЗБПК с повентильным представлением преобразователей напряжения, с учетом паразитных элементов схемы и контуров нулевой последовательности на стороне 38,5 кВ.
- Разработана цифровая модель системы управления с алгоритмами управления и регулирования тождественными алгоритмами, используемым в реальной системе управления, используемой на ЗБПК.
- Проведен расчет работы ЗБПК в модальностях СКРМ и ВПТ с различными уставками напряжения и передаваемой активной мощности для различных режимов энергосистем, характеризующимися уровнем напряжения, несинусоидальностью, степенью несимметрии напряжений типичными для ПС 220 кВ «Могоча».

Имеются следующие замечания:

1. Эксплуатационная документация (руководства по эксплуатации, альбомы схем и т.д.) представлена не в полном объеме, что не позволяет составить инструкции для оперативного персонала.
2. Ведомость изменений и отступлений от проекта не оформлена в соответствии с Актом технической готовности, утвержденного ПАО «ФСК ЕЭС».
3. Требуется обучение персонала по техническому обслуживанию и ремонту оборудования СТАТКОМ.
4. Отсутствует ЗИП.

Совместное заседание отмечает: выполненные работы в рамках 1 и 2 этапов НИОКР по теме «Системные испытания СТАТКОМ на ПС Могоча, научно-техническое сопровождение ввода в работу и эксплуатации оборудования СТАТКОМ на ПС Могоча» соответствуют техническому заданию.

По 2 вопросу с докладом **«Исследование и разработка программно-технического комплекса управления УШРТ 500 кВ 180 Мвар в паузе ОАПВ и при включении линии 500 кВ на холостом ходу»** выступил **ведущий инженер Центра высоковольтной преобразовательной техники Матинян Александр Маратович.**

Целью работы являются:

1. Разработка алгоритмов управления УШРТ в паузе ОАПВ и при одностороннем включении ЛЭП.
2. Разработка программно-технического обеспечения ПТК управления УШРТ в паузе ОАПВ и при одностороннем включении ЛЭП по разработанным алгоритмам.
3. Разработка и изготовление ПТК.
4. Исследование на математической модели работы УШРТ в паузе ОАПВ и при одностороннем включении ЛЭП.
5. Разработка рекомендаций по выбору коммутационных аппаратов в цепи УШРТ.
6. Доработка эксплуатационной документации на УШРТ в части наладки и эксплуатации программно-технического комплекса управления в паузе ОАПВ и при одностороннем включении ЛЭП.
7. Разработка рекомендаций по корректировке СТО 56947007-29.180.02.140-2012 «Методические указания по проведению расчетов для выбора типа, параметров и мест установки устройств компенсации реактивной мощности в ЕНЭС» в части применения УШРТ в качестве линейного реактора.
8. Формирование интеллектуального портфеля и нематериальных активов ОАО «ФСК ЕЭС» путем патентования разработанных технологических, технических решений и регистрации созданного программного обеспечения.

Совместное заседание отмечает:

На первом этапе проведения работ:

1. разработана модель УШРТ;
2. разработаны алгоритмы управления УШРТ в цикле ОАПВ и при одностороннем включении линии;
3. для линий с УШРТ проведены исследования вышеперечисленных режимов работы;
4. проведены расчеты для пилотного объекта внедрения.

В цикле ОАПВ УШРТ, управляемый в соответствии с разработанными алгоритмами, способен снизить токи подпитки дуги замыкания за счет компенсации электростатической составляющей. Наибольшее ослабление тока подпитки обеспечивается при длине линии порядка 270 км, что близко к среднестатистической длине ЛЭП 500 кВ, которая составляет 280 км. Сокращение времени цикла ОАПВ обеспечивается за счет более быстрого погасания дуги, достигаемого за счет уменьшения тока подпитки дуги однофазного короткого замыкания.

Разработанные алгоритмы управления УШРТ в цикле ОАПВ обеспечивают предотвращение появления резонансных перенапряжений в неполнофазных режимах работы линии, возникающих после погасания дуги при определенном соотношении параметров ЛЭП и УШРТ.

Разработанные алгоритмы управления УШРТ при одностороннем включении линии на холостой ход обеспечивают быстрый набор мощности УШРТ и ограничение квазиустановившихся перенапряжений на разомкнутом конце линии.

При определенных параметрах ЛЭП токи намагничивания линейного шунтирующего реактора, возникающие при включении линии, могут приводить к появлению переходного феррорезонанса, сопровождающегося перенапряжениями на ЛЭП. В этом случае УШРТ, управляемый в соответствии с разработанными алгоритмами, позволяет предотвратить возникновение переходного феррорезонанса, возбуждаемого токами намагничивания УШРТ.

При длине линии более 150 км ее успешное отключение (без знакопостоянных токов в выключателях неповрежденных фаз ЛЭП) может быть обеспечено за счет регулирования УШРТ. При этом не требуется использование дополнительных мер таких, как управляемая коммутация выключателей ЛЭП, установка выключателей с предвключенными резисторами или увеличение времени отключения.

Для работы системы управления линейного УШРТ с описанными выше алгоритмами достаточно локально измеряемых параметров – токов сетевой обмотки УШРТ и напряжений в точке его подключения к линии.

Проведено исследование режимов работы линии 500 кВ «Тамбов-Пенза2» длиной 265 км с пилотным линейным УШРТ, установленным на ЛЭП со стороны «Пенза2». Рассмотрены цикл ОАПВ и одностороннее включении линии на холостой ход.

УШРТ позволяет обеспечить уменьшение тока подпитки дуги однофазного КЗ на землю с 50,3 А до 16,05 в наихудшем расчетном случае, соответствующем однофазному замыканию в начале линии при передаваемой по линии натуральной мощности (близкой к 900 МВт) в до аварийном режиме. Уменьшение тока подпитки дуги с 50 А до 16 А обеспечивает уменьшение времени гашения дуги (с вероятностью 95%) с 0,5 секунды до 0,2 секунды.

Установка линейного реактора мощностью 180 Мвар на пилотном объекте внедрения не вызывает появления опасных перенапряжений в неполнофазных режимах работы линии, возникающих после погасания дуги.

В расчетном случае при одностороннем включении линии на холостой ход УШРТ снижает уровень квазиустановившихся напряжений с 560,9 кВ до 522,9 кВ (на 6,8%).

Установка линейного реактора на пилотном объекте внедрения не проводит к возникновению переходного феррорезонанса.

Установка УШРТ на пилотном объекте внедрения обеспечивает успешное отключение линейных выключателей при неуспешном опробовании ЛЭП, поскольку не приводит к появлению опасных по величине апериодических токов в нем.

Для определения необходимости корректировки технических требований к оборудованию линейного УШРТ требуется расчет теплового режима работы тиристорных вентилей, возникающей при ускоренном включении УШРТ при одностороннем включении линии на холостой ход до момента окончания синхронизации.

По 3-му вопросу с докладом **«Разработка и изготовление опытно-промышленного образца управляемого УПК для ВЛ 500 кВ Саяно-Шушенской ГЭС – ПС 500 кВ «Новокузнецкая»** выступил **ведущий инженер Центра высоковольтной преобразовательной техники Матинян Александр Маратович.**

Целью работы является:

разработка технических требований на опытно-промышленный образец управляемого УПК для ВЛ 500 кВ Саяно-Шушенской ГЭС – ПС 500 кВ Новокузнецкая;

разработка технического проекта и конструкторской документации управляемого УПК;

изготовление оборудования опытно-промышленного образца управляемого УПК;

проведение испытаний оборудования управляемого УПК на стендах и доработка оборудования по результатам испытаний;

защита полученных результатов интеллектуальной деятельности путем их патентования в РФ и за рубежом с получением совместных для ОАО «ФСК ЕЭС» и Исполнителя документов исключительного права.

В докладе представлены итоговые результаты выполнения работы:

- проведены исследования режимов работы электрических сетей с управляемым УПК
- показано, что выбранные технические решения обеспечивают:
  - увеличение передаваемой по ЛЭП мощности;
  - регулируемое распределение потоков мощности в сложнозамкнутых сетях;
  - повышение динамической устойчивости энергосистем.
- Разработана конструкторская документация на оборудования УПК.
- Изготовлено оборудование модуля УПК.
- Проведены поэлементные испытания оборудования модуля УПК.
- Подтверждено соответствие изготовленного оборудования проектным характеристикам.

- Разработана и испытана системы управления, регулирования защиты и автоматики УПК. Подтверждено, что разработанная система управления обеспечивает защиту оборудования от аварийных воздействий.
- Разработана программа и методика испытаний модулей (в сборе) УПК.

В рамках подготовки к последующим этапам работ создан стенд для проведения комплексных испытаний модуля УПК. Для завершения работ, предусмотренных этапами 11-14, необходимо:

- Изготовление и испытаний двух модулей УПК.
- Разработка программно-технического комплекса для определения оптимальных параметров УПК при их внедрении на объектах ЕНЭС проведено моделирования работы ЛЭП с УПК.
- Защита интеллектуальной деятельности путем их патентования в РФ за рубежем с получением совместных для ОАО «ФСК ЕЭС» и Исполнителя документов исключительного права.

В обсуждении докладов приняли участие: Антонов А.В., Дементьев Ю.А., Новиков Н.Л., Рябченко В.Н., Сокур П.В., Шакарян Ю.Г., Попов С.Г.

Заслушав представленные доклады и выступления участников заседания, **совместное заседание решило:**

1. **По 1-му вопросу** «Системные испытания СТАТКОМ на ПС Могоча, научно-техническое сопровождение ввода в работу и эксплуатации оборудования СТАТКОМ на ПС Могоча»:

- Одобрить результаты выполненных этапов НИОКР. Отметить актуальность выполненных работ и полное соответствие техническому заданию.

2. **По 2-му вопросу** «Исследование и разработка программно-технического комплекса управления УШРТ 500 кВ 180 Мвар в паузе ОАПВ и при включении линии 500 кВ на холостом ходу»:

- Одобрить результаты выполненного этапа НИОКР. Отметить актуальность выполненных работ и полное соответствие техническому заданию.

3. По 3-му вопросу «Разработка и изготовление опытно-промышленного образца управляемого УПК для ВЛ 500 кВ Саяно-Шушенской ГЭС – ПС 500 кВ Новокузнецкая»:

- Одобрить результаты выполненных этапов НИОКР. Отметить актуальность выполненных работ и полное соответствие результатов техническому заданию.

Ученый секретарь НП «НТС ЕЭС», к.т.н.
_____ Исамухамедов Я.Ш.

Председатель секции «Электротехническое оборудование
НП «НТС ЕЭС», д.т.н.
_____ Шакарян Ю.Г.

Ученый секретарь секции «Электротехническое оборудование
НП «НТС ЕЭС», д.т.н.
_____ Хренников А.Ю.