

ИТОГОВЫЙ ПРОТОКОЛ
Круглого стола подкомитета В4 РНК СИГРЭ и ПАО «ФИЦ» «Проблемы и перспективы развития технологий постоянного тока в ЕЭС России» в рамках IV Российского международного энергетического форума

17 мая 2016 года

г. Санкт-Петербург

ПРИСУТСТВОВАЛИ:

- 1) Александров Леонид Борисович
директор по развитию АО «Профотек»
- 2) Андрианова Наталья Владимировна
Кластер развития инноваций в энергетике и промышленности, генеральный директор
- 3) Бершанский Роман Владимирович
Представитель компании АББ
- 4) Бескоровайный Анатолий Юрьевич
Главный технолог завода «ТАТКАБЕЛЬ»
- 5) Большов Вадим Викторович
Генеральный директора ООО «Севзаппром»
- 6) Винницкий Юрий Данилович, д.т.н.
Концерн «Русэлпром»
- 7) Владимирский Лев Львович
Начальник отдела техники высоких напряжений ОАО "НИИПТ" к.т.н.
- 8) Ветрова Ирина Анатольевна
Заведующая НТО ОАО "НИИПТ"
- 9) Герасимов Андрей Сергеевич
Заместитель генерального директора, директор департамента системных исследований и перспективного развития, к.т.н.
- 10) Гирфанов Александр Сергеевич
генеральный директор ОАО "НИИПТ"
- 11) Григорьев Станислав Анатольевич
Начальник отдела маркетинга завода «ТАТКАБЕЛЬ»
- 12) Демьяненко Ксения Борисовна
к.т.н. научный руководитель ООО "Севзаппром"
- 13) Дроздов Андрей Владимирович
Технический директор ООО НПЦ "САУРУС ЭНЕРГО", к.т.н.
- 14) Змазнов Евгений Юрьевич
Заместитель начальника отдела постоянного тока ОАО «НИИПТ», к.т.н.
- 15) Иванова Елена Алексеевна
младший научный сотрудник отдела постоянного тока ОАО «НИИПТ»
- 16) Кирюхин Павел Викторович

- Заместитель главного конструктора Компании «Изолятор»
- 17) Кутузова Наталья Борисовна
научный сотрудник ОАО «НТЦ ЕЭС»
 - 18) Копченков Дмитрий Михайлович -
Начальник отдела по инжинирингу ПАО «Федеральный испытательный центр»
 - 19) Крамской Юрий Григорьевич
Группа компаний «Энергия Солнца», главный инженер по СЭС/ВЭС
 - 20) Капура Денис Владимирович
ОАО «Белэнергоремналадка», республика Беларусь
 - 21) Лозинова Наталья Георгиевна
Заместитель генерального директора, научный руководитель ОАО «НИИПТ», к.т.н.
 - 22) Лубков Александр Николаевич
Научный сотрудник ОАО «НИИПТ»
 - 23) Мамонтов Андрей Клавдиевич, директор по технической политике и инжинирингу ПАО «ФИЦ»
 - 24) Никишин Константин Александрович
Заместитель директора филиала ОАО «НТЦ ЕЭС»
 - 25) Осина Юлия Константиновна
Санкт-Петербургский государственный политехнический университет
 - 26) Острейко Владимир Николаевич
к.т.н., гранд-доктор теоретической электротехники, зам. ген. конструктора по научно-техническим разработкам и публикациям ЗАО «ЗЭТО»
 - 27) Родыгин Андрей Владимирович
Руководитель отдела продаж ОАО «Айдис Групп»
 - 28) Соловьёв Эдуард Петрович
ФГАОУ ДПО «ПЭИПК», к.т.н.
 - 29) Сулова Ольга Владимировна
к.т.н., руководитель Подкомитета РНК СИГРЭ В4 «Электропередачи постоянным током высокого напряжения и силовая электроника», ведущий научный сотрудник ОАО «НТЦ ЕЭС»
 - 30) Травин Лев Викторович
Начальник информационно-аналитического отдела ФГУП ВЭИ, к.т.н.
 - 31) Шувалов Михаил Юрьевич
ОАО «ВНИИКП», директор научного направления - заведующий отделением кабелей и проводов энергетического назначения, д.т.н.
 - 32) Ярмаркин Михаил Кириллович,
заведующий кафедрой электроэнергетического оборудования ФГАОУ ДПО «ПЭИПК», к.т.н.

ОТМЕТИЛИ:

1. **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, введенных 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.
2. **Тенденция** к активному использованию объектов постоянного тока в мировой энергетике объясняется рядом их технологических, интеллектуальных, экологических преимуществ:
 - Передача постоянного тока имеет меньшие по сравнению с ВЛ переменного тока затраты на передачу киловатт часа электроэнергии при равных условиях надежности в случае превышения некоторой критической длины линии (400-700 км).
 - Ширина санитарно-защитной зоны для линии переменного тока на 70% больше, чем для линии постоянного тока при эквивалентной пропускной способности. Передача постоянного тока требует меньшего количества проводов: у биполярной ППТ два провода – в случае возврата через землю, три - при металлическом возврате. Для обеспечения эквивалентной надежности биполярной ППТ нужна двухцепная передача переменного тока с шестью проводами.
 - Потери электроэнергии в линии ПТ меньше, чем в линии переменного тока при одинаковой пропускной способности для одинаковых классов напряжения примерно на 30-40%.
 - Передача постоянного тока имеет меньшие по сравнению с кабельной линией (КЛ) переменного тока затраты на передачу киловатт часа электроэнергии при равных условиях надежности в случае превышения некоторой длины линии. Кабельная линия постоянного тока становится дешевле эквивалентной кабельной линии переменного тока при критической длине более 30-50 км. Выигрыш в стоимости для кабельной линии постоянного тока получается за счет меньшего количества кабелей для ППТ и необходимости устройств компенсации реактивной мощности для кабеля переменного тока, особенно при значительных длинах.

- Для кабельной передачи постоянного тока потери передаваемой электрической мощности составят приблизительно 0.3 - 0.4 % на 100 км кабеля, для КЛ переменного тока – 8 – 10 % на 100 км кабеля. Таким образом, при передаче электроэнергии через широкие водные преграды (более 50 км), применение ППТ с подводным кабелем не имеет альтернативы.
- Передачи и вставки постоянного тока позволяют получить ряд положительных системных эффектов, в том числе:
 - Повышение управляемости энергосистемы за счет управления технологическими режимами работы объектов постоянного тока, плавное и быстрое регулирование перетока активной мощности через связь постоянного тока.
 - Создание управляемых «разрывов» в сетях переменного тока как альтернатива секционированию с целью уменьшения токов короткого замыкания.
 - Регулирование реактивной мощности в точке подключения преобразовательной подстанции к системе переменного тока.
 - Симметрирование, улучшение качества напряжения в точке подключения.

3. *Экономические* эффекты от внедрения технологий постоянного тока в электроэнергетику.

При внедрении электропередач постоянного тока на преобразователях тока с линейной коммутацией основной экономический эффект будет получен за счет:

- возможности передачи электроэнергии большой мощности на дальние расстояния при помощи воздушной ЛЭП ПТ, значительно меньшей стоимости (**в 2- 2,7 раза**) воздушной ЛЭП ПТ по сравнению с ЛЭП переменного тока, а также за счет снижения потерь при передаче электроэнергии на **30-40%**;
- обеспечения возможности передачи мощности по длинным (свыше 30- 50 км) подводным и подземным кабельным линиям при использовании значительно более дешевой кабельной системы постоянного тока по сравнению с переменным, а также за счет снижения потерь при передаче электроэнергии более чем в **10 раз** по сравнению с кабелем переменного тока.
- разницы тарифов на электроэнергию в соединяемых энергосистемах;
- значительно более дешевой кабельной системы постоянного тока по сравнению с переменным, а также за счет снижения потерь при передаче электроэнергии **более чем в 10 раз** по сравнению с кабелем переменного тока.
- отказа от строительства новых электростанций на территориях, где это очень дорого или невозможно по экологическим соображениям.
- возможности быстрого регулирования активной мощности (эффект может быть выражен в уменьшении объема управляющих воздействий противоаварийной автоматики), повышение уровня устойчивости системы.
- уменьшения нагрузки на окружающую среду (кабельная линия – минимум воздействия, нет территории санитарно-защитной зоны по сравнению с ВЛ переменного тока или ТЭЦ, у ВЛ постоянного тока ширина санитарно-защитной зоны **на 70% меньше**, чем для линии переменного тока при эквивалентной пропускной способности).

Кроме перечисленного выше, при внедрении электропередач постоянного тока и устройств FACTS на основе преобразователей напряжения основной экономической эффект будет получен за счет:

- возможности регулирования реактивной мощности (эффект выражается в отсутствии необходимости других средств компенсации, а также в возможности разгрузить сеть, увеличить ее пропускную способность и уменьшить потери).
- возможности симметрирования напряжения по фазам (эффект заключается в уменьшении потерь электроэнергии, увеличении к.п.д. оборудования), фильтрации высших гармоник.
- возможность работы на сеть, не имеющей других источников энергии (автономную нагрузку), возможность «black start».

4. *Актуальность* развития технологий постоянного тока в ЕЭС России и технологически изолированных электроэнергетических системах России

Актуальность развития технологий постоянного тока высокого напряжения для отечественной электроэнергетики обусловлена как внутренними объективными условиями ее функционирования, особенностями ЕЭС России как крупнейшей электроэнергетической системы, а также особенностями работы технологически изолированных электроэнергетических систем России, так и внешними условиями, связанными с условиями функционирования сопредельных с Россией энергосистем зарубежных стран и государственных объединений. Развитие технологий электропередачи постоянным током высокого напряжения помогут решить ряд задач социально-экономического развития Российской Федерации, в том числе:

- Освоение сырьевой базы Сибири и Дальнего Востока.
- Модернизация и развитие ЕЭС с последовательным присоединением к ней объединенной энергосистемы Востока и ряда изолированных энергосистем (с учетом возможных технико-экономических последствий) при обеспечении эффективной надежности электроснабжения в сочетании с интеллектуализацией систем.
- Интеграция электроэнергетики в Едином экономическом пространстве ЕАЭС и увеличение экспорта электрической энергии и мощности, прежде всего на востоке страны.
- Осуществление надежного энергоснабжения островных и полуостровных территорий.
- Освоение эффективных технологий передачи электроэнергии постоянным током высокого напряжения, а также новых источников генерации (например, ВИЭ), которые были недоступны при применении традиционных электропередач переменным током.
- Развитие энергосберегающих технологий, в том числе, уменьшение потерь при передаче и распределении электроэнергии.
- Увеличение надежного энергоснабжения потребителей, улучшение качества электроэнергии.

5. *Перспективные* сферы применения технологий постоянного тока на внешнем и внутреннем рынках:

- Реализация несинхронных связей постоянного тока между энергообъединениями, которые предотвращают распространение аварии на смежные части энергообъединения, повышая тем самым надежность их работы.
- Присоединение изолированных энергосистем к Единой энергосистеме.
- Электроснабжение островных и полуостровных территорий
- Электроснабжение автономных нагрузок и оффшорных платформ.
- Присоединение к энергосистеме нетрадиционных возобновляемых источников электроэнергии.
- Создание управляемых «разрывов» в сетях переменного тока как альтернатива секционированию с целью уменьшения токов короткого замыкания.
- Увеличение пропускной способности электрической сети без изменения ее топологии.
- Создание межсистемных связей, в том числе и коммерческого назначения для экспорта электроэнергии.
- Улучшение качества электроэнергии.

РЕШИЛИ:

1. Рекомендовать профессиональному энергетическому сообществу принять к сведению:
 - 1.1 технологические, интеллектуальные, экологические преимущества технологий постоянного тока высокого напряжения, устройств FACTS;
 - 1.2 экономические эффекты от внедрения технологий постоянного тока в электроэнергетику
 - 1.3 сферы применения электрооборудования постоянного тока и устройств FACTS на внутреннем рынке РФ и внешних рынках.
2. Принять к сведению информацию о проектируемых возможностях Федерального испытательного центра (ФИЦ) в области испытаний электрооборудования для электропередач постоянным током высокого напряжения, устройств FACTS.
3. Принять к сведению информацию о деятельности 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.
4. Для обеспечения качества действующих и разрабатываемых отечественных государственных стандартов на элементы, оборудование и системы силовой электроники для электрических систем рекомендовать ПАО ФИЦ, ПАО «Россети» инициировать научно-исследовательскую работу по анализу новых и обновляемых международных стандартов МЭК в этих областях и их сопоставлению с существующими и разрабатываемыми отечественными стандартами.
5. 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.
6. Рекомендовать ОАО «НИИПТ», ОАО «НТЦ ЕЭС», ПАО «ФИЦ» совместно ведущим производителями электротехнического оборудования ООО «Гольяттинский трансформаторный завод» и ООО «Таткабель» подготовить и внести в Минэнерго России предложения по программам развития ППТ и ВПТ и FACTS в ЕЭС России с государственным финансированием.
 7. Инициировать обращение ОАО «НИИПТ» и ОАО «НТЦ ЕЭС» в Подкомитет ПК-6 ТК-016 «Электроэнергетика» с предложением о разработке национальных стандартов по терминологии для электропередач постоянного тока высокого напряжения (на основе международного стандарта МЭК 60633, изд. 2) и по электрическим испытаниям высоковольтных тиристорных вентилях для электропередач постоянного тока высокого напряжения (на основе международного стандарта МЭК60700-1, изд. 2)".
 8. Отметить актуальность работ по изготовлению и испытанию кабелей постоянного тока напряжением до 500 кВ, рекомендовать ООО «Таткабель» продолжать исследования и разработки по созданию и испытанию кабелей постоянного тока с целью их использования при проектировании и строительстве объектов постоянного тока на территории России и за рубежом.
 9. Отметить актуальность разработки ООО «Севзаппром» по расчету и конструированию ОПН-ПТ (ОПН для защиты оборудования, работающего на постоянном токе) и рекомендовать продолжать исследования и разработки по созданию ОПН-ПТ различных классов напряжения с целью их использования при проектировании и строительстве объектов постоянного тока на территории России и за рубежом.
 10. Провести научно практическую конференцию «Опыт разработки, внедрения и эксплуатации электропередач постоянным током высокого напряжения, устройств FACTS и силовой электроники для электрических сетей» в рамках ежегодной международной специализированной выставки «Электрические сети России» в г. Москва, 6-9 декабря 2016 года

От ПАО «ФИЦ»

Директор по технической политике
и инжинирингу

А.К. Мамонтов

От подкомитета В4 РНК СИГРЭ

Руководитель, к.т.н

О.В. Сулова

От ОАО «НИИПТ»

Заместитель генерального директора,
научный руководитель ОАО "НИИПТ", к.т.н.

Н.Г. Ложинова