

Инновационное развитие ПАО «ФСК ЕЭС»



Инновационное развитие – драйвер повышения эффективности Компании и развития отраслевой науки.

Программа инновационного развития ПАО «ФСК ЕЭС» на 2016 – 2020 годы с перспективой до 2025 года

Программа инновационного развития – один из механизмов достижения стратегических целей Компании за счет внедрения новых видов техники, поддержки новых процессов (организационных инноваций), а также совершенствования существующих и создания новых, в том числе высокотехнологических сервисов.

Базовые направления инновационного развития

Цифровая подстанция	Высокоавтоматизированная подстанция с цифровым обменом данными и скоординированным режимом работы оборудования.
Цифровое проектирование	Проектирование на базе современных технологий, поддержка коллективной работы и параллельного инжиниринга, внедрение методов цифровой оценки и виртуальных проверок инженерных решений.
Энергоэффективность и сокращение потерь	Повышение энергоэффективности. Снижение расхода электроэнергии при ее передаче и на хозяйственные нужды. Снижение потерь электроэнергии с помощью технологических инноваций.
Удаленное управление и безопасность	Внедрение Автоматизированной системы технологического управления (АСУТП) для удаленного управления сетевыми объектами. Обеспечение кибербезопасности.
Качество электроэнергии	Построение системы управления качеством электроэнергии на основе непрерывного мониторинга качества электроэнергии в ЕНЭС
Управление надежностью и активами	Развитие методологии и внедрение системы комплексного управления производственными фондами и активами
Композитные материалы и сверхпроводники	Разработка новых технических решений с применением новых конструкционных материалов, создание производственной базы, типовых решений и стандартов



Инновационное развитие

Разработка (результаты программы НИОКР за 2017 год):



Разработана конструкторская документация на анкерно-угловые стальные решетчатые опоры для ВЛ 500 кВ

Завершен основной этап испытаний первой в России и крупнейшей в мире высокотемпературной сверхпроводящей кабельной линии

Разработан Опытный образец программно-технического комплекса (ПТК) кибернетической защиты

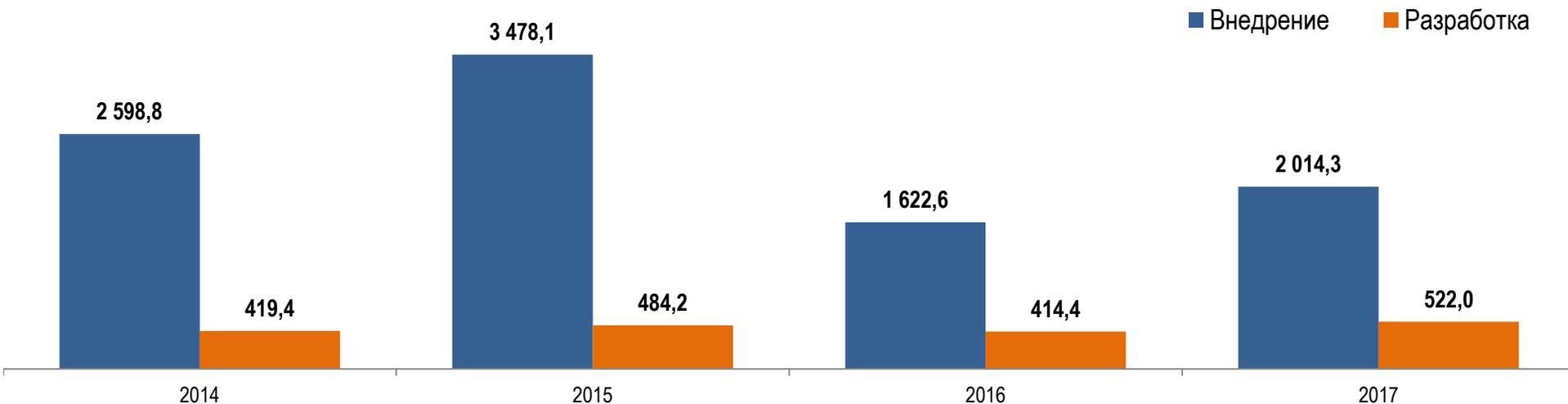


Разработан Опытный образец ПТК непрерывной диагностики выходных электромеханических устройств реле устройств РЗА

Разработан опытный образец системы селективного автоматического повторного включения для кабельно-воздушных линий электропередачи напряжением 110 кВ и выше

Разработана конструкторская документация на оборудование блока тиристорных вентилей с автономной системой охлаждения для ПС 400 кВ Выборгская

Финансирование инновационного развития (млн. руб.)



Функции идеальной подстанции

Недорогая

С малыми потерями

Нечувствительная к качеству электроэнергии

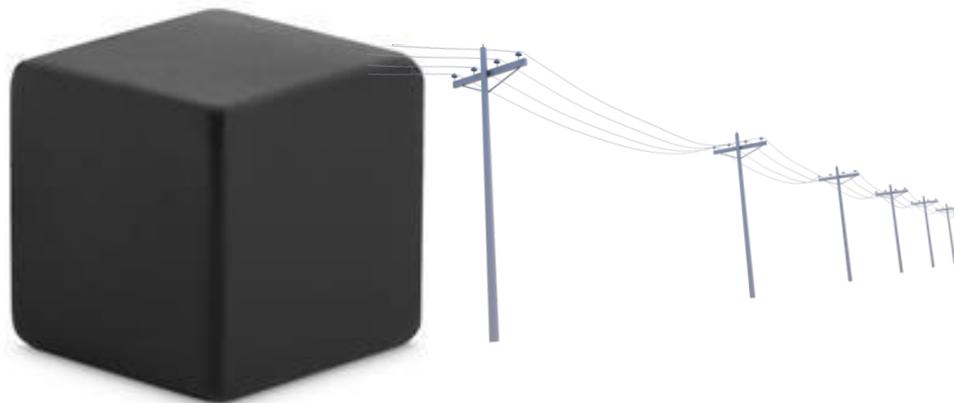
Состоящая из надежных узлов

С резервированием вторичных устройств и автоматическим вводом в работу

С полной наблюдаемостью и диагностикой

Необслуживаемая

Дистанционно управляемая



Перспективные технологии

Технологии цифровой подстанции МЭК 61850

Цифровые измерительные трансформаторы

Технологии активно-адаптивной сети

Новые методы диагностирования оборудования

Аккумуляторные батареи большой мощности

Модульные подстанции

Мобильные подстанции

Сверхпроводимость ...



- *Цифровая ПС – это ПС, создающая единое информационное пространство с общедоступной информацией для всех устройств, участвующих в управлении энергообъектом*
- *Цифровые датчики – средство получения информации для анализа и управления*



CAPEX



Сокращение CAPEX за счёт типизации оборудования



OPEX



Сокращение OPEX за счёт обеспечения наблюдаемости сети
Сокращение OPEX за счёт функций самодиагностики и удалённого параметрирование

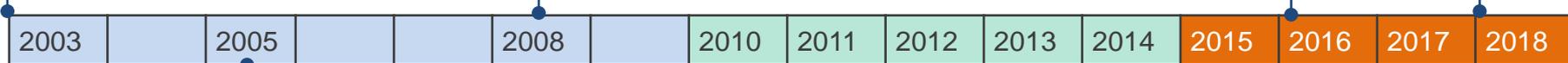


Принятие 1-ой редакции МЭК 61850

Пуск ПС Московского кольца с применением МЭК 61850-8.1

Пилотные проекты по телеуправлению из ЦУС

Пуск ПС Тобол с применением МЭК 61850-9.2



Пуск ПС Алюминиевая с применением МЭК 61850-8.1

Создание полигона ЦПС и учебного класса

Работы по типизации РЗА

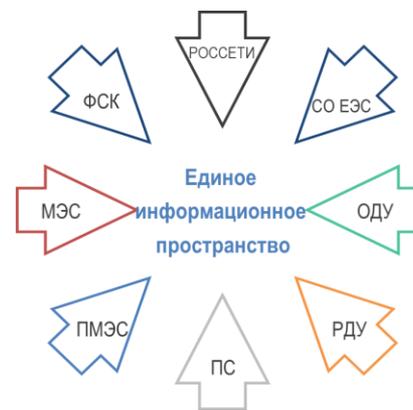
- Создание рабочих групп с производителями
- Согласование технических решений с СО ЕЭС

- К настоящему времени на 150 ПС применен стандарт МЭК 61850 -8.1.
- Более 10 лет опыта эксплуатации преобразователей дискретных сигналов для целей АСУ ТП и управления разъединителями и заземляющими ножами.



К 2025 году все ПС ПАО «ФСК ЕЭС» будут обеспечены цифровой связью, наблюдаемы в Центрах управления сетями.

Проект по мониторингу и управлению РЗиА



Проектирование РЗА II - архитектуры на существующих и новых объектах

Проектирование РЗА III – архитектуры на существующих объектах

Внедрение РЗА и отработка технологий II и III - архитектуры

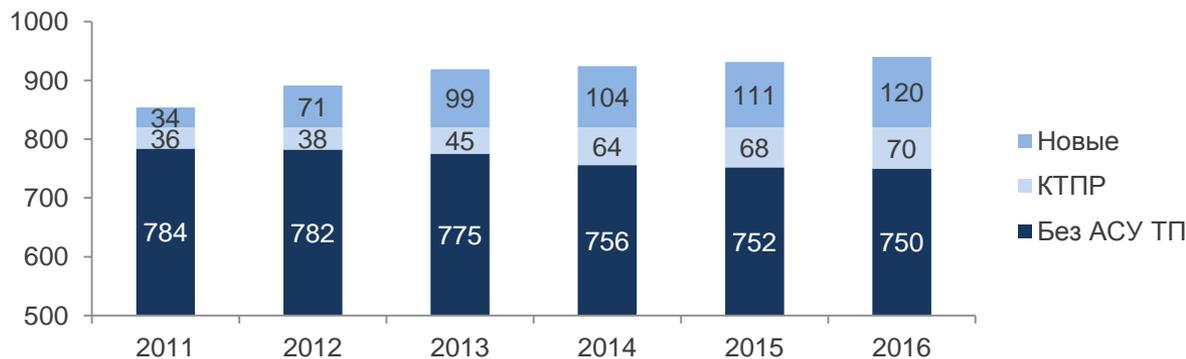
Опытное использование САПР

Проектирование РЗА III – архитектуры на новых объектах

Массовое внедрение ЦПС с отработанными технологиями



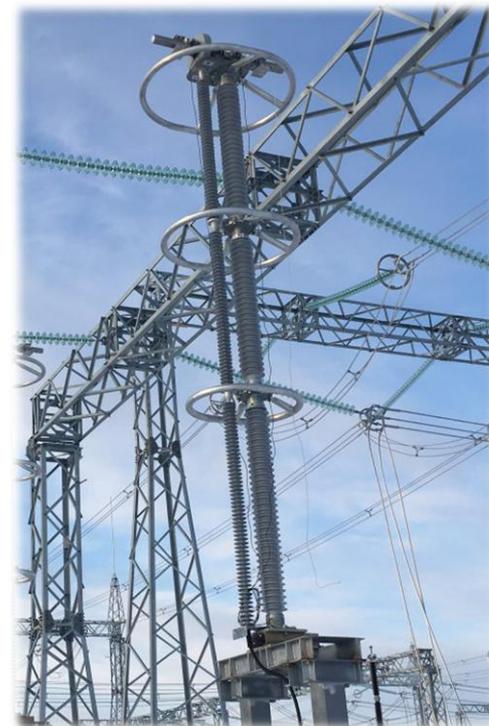
- ✓ Техническая политика компании направлена на внедрение группы стандартов МЭК 61850 с целью повышения надежности и оптимизации процессов, сопровождающих использование оборудования.
- ✓ Оснащение подстанций средствами АСУ ТП с поддержкой МЭК 61850 8.1:



- ✓ Ведется работа по пилотному внедрению оптических (оптико-электронных) трансформаторов тока и напряжения с поддержкой протокола МЭК 61850-9.2 отечественного («Профотек») на ПС 500 кВ Тобол.

В Научно-техническом центре ФСК ЕЭС создан опытный полигон «Цифровая подстанция».

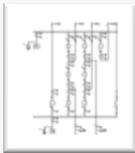
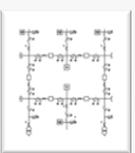
- ✓ Цель создания полигона – отработка оптимальных технических решений построения систем релейной защиты и автоматики, проведение функциональных испытаний оборудования РЗА, в том числе с поддержкой протокола МЭК 61850.
- ✓ В состав полигона входят источники и приёмники цифровых потоков данных, анализаторы и регистраторы, а также тестово-моделирующий комплекса, включая программно-аппаратный комплекс реального времени RTDS.
- ✓ В 2016 году ИЦ КЕМА выдано право проведения тестов на соответствие стандарту IEC 61850-8-1 server Ed.2.



Цифровое проектирование

Электронные каталоги технических решений ПАО «ФСК ЕЭС» (схемно-компоновочные решения)

PG Проект ГОСТ Р «Схемы принципиальные электрические распределительных устройств подстанций 35-750 кВ. Типовые решения. Рекомендации по применению»

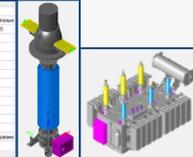
2016

Каталог обобщенных электронных моделей основного оборудования

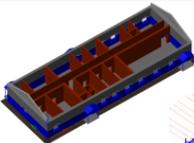
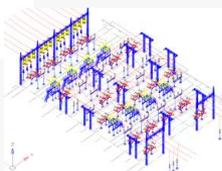


2017

Таблицы применимости аттестованного оборудования

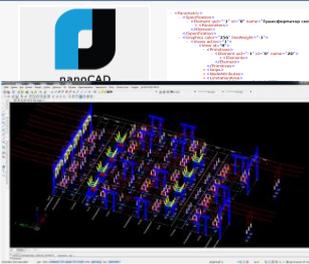



Каталог технических решений повторного применения

2017

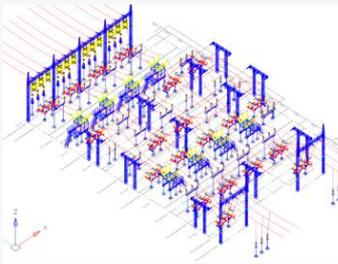
Приложение к САПР



2017

Открытый формат и API

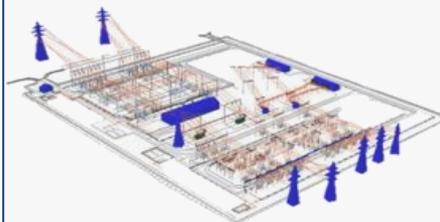
Каталог типовых ОРУ 110-500кВ



2017

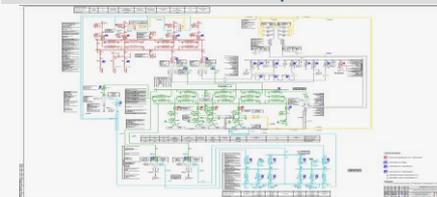
2018-2019

Цифровая модель схемно-компоновочного решения ПС



- ✓ Организация опытно-промышленной эксплуатации (оцифровка ранее выполненных проектов по ПП 500 кВ Тобол и ПС 500 кВ Кубанская);
- ✓ Введение требований о выполнении проектов с использованием разработанных САПР и электронных каталогов (в настоящее время требования включены по следующим объектам реконструкции: ПС 220 кВ Луч; ПС 750 кВ Белый Раст; ПС 220 кВ Афинопская; ПС 500 кВ Газовая);
- ✓ Создание механизма дальнейшего наполнения электронного каталога утвержденными проектами и электронными моделями нового оборудования.

Автоматизированное формирование ПД, на основе базы данных типовых решений



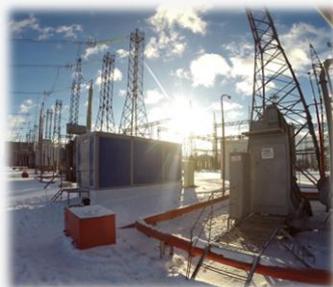


- Системы утилизации тепла трансформаторов и Реакторов (ПС 500кВ Нижегородская)

Сокращение расхода э/э на отопление зданий ОПУ на 70%

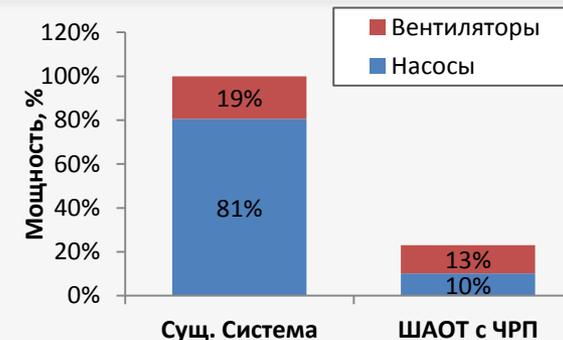


Потребляемая мощность системы отопления



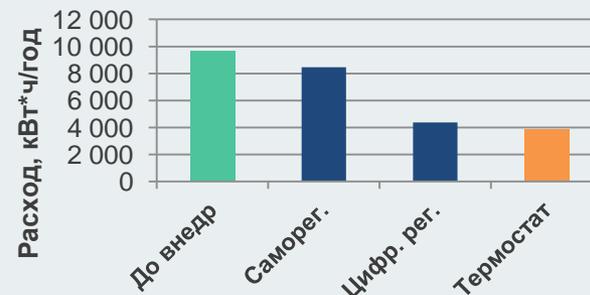
- Повышение эффективности охлаждения силовых трансформаторов (ПС 750кВ Владимирская)

Сокращение расхода на охлаждение на 70-80%



- Системы управления обогревом оборудования (подстанции МЭС Волги)

Сокращение расхода на обогрев оборудования 50-60%.



- ✓ Утверждён план развития СУПА в ФСК ЕЭС на 2016-2020 г., предусматривающий:
 - внедрение ряда ИТ систем и подходов по управлению производственными активами в части технического обслуживания, ремонта и реновации;
 - определение приоритетов воздействий на производственные активы с учетом их физического износа, технического состояния и индекса важности с использованием современных методов диагностики и обработки данных
 - реализацию проекта по оптимизации схемно-технических решений с учетом показателей аппаратной объектовой надежности.



- ✓ Ведутся работы по созданию комплексной системы по дистанционному и инструментальному мониторингу ВЛ и разработке единого стандарта по обработке информации получаемой со средств мониторинга:
 - беспилотные авиационные системы,
 - комплекс воздушного мониторинга состояния арматуры ВЛ,
 - радио-диагностика состояния изолирующих подвесок ВЛ,
 - предиктивный мониторинг гололедообразования,
 - волоконно-оптический мониторинг параметров и событий ВЛ и прочие.
- ✓ Прорабатывается проект по использованию мобильных терминалов для планирования и контроля обходов, сбора информации о состоянии ВЛ в рамках проводимых линейным персоналом осмотров.



- ✓ Беспилотные летательные аппараты используются для выполнения работ по оценке текущего состояния трасс ВЛ в части определения характеристик растительности в границах существующей просеки ВЛ:



Обследование ВЛ с использованием БПЛА (км)	Факт 2016 г.	Факт 2017 г.	План 2018 г.
	4 206 (МЭС Центра)	1 710 (МЭС Волги, Урала)	16 999



- ✓ В качестве перспективных направлений приработаются проекты по внедрению комплекса технических средств поддержки эксплуатации электрооборудования подстанций с применением технологий радиочастотной идентификации, а также удаленного наблюдения за состоянием оборудования подстанций для предупреждения возникновения технологических нарушений



- ✓ В рамках реализации проекта в МЭС Северо-Запада организовано телеуправление оборудованием подстанций (ПС) 330 кВ Василеостровская, 220 кВ Проспект Испытателей и 330 кВ Завод Ильич
- ✓ Введен в промышленную эксплуатацию АСДТУ ЦУС Хабаровского ПМЭС, АСДТУ ЦУС Амурского МЭС с функциями телеуправления, введен в промышленную эксплуатацию комплекс EMS ЦУС Приморского ПМЭС.
- ✓ Реализованы пилотные проекты дистанционного управления оборудованием подстанций 220 кВ Поселковая и Псоу, а также распределительного пункта 220 кВ Черноморская в энергосистеме Краснодарского края и Республики Адыгея.
- ✓ До 2020 года планируется удаленное управление организовать на 100 ПС 110 -500 кВ.
- ✓ В рамках реализации проекта по разработке программного комплекса для оценки кибернетической безопасности цифровых подстанций на базе стандарта МЭК 61850 (ПТК КЗ):
 - ❑ проведено обследование типовых объектов оценки кибернетической безопасности в составе трёх подстанций,
 - ❑ разработаны модель угроз и профиль защиты;
 - ❑ ведётся разработка типовых решений по кибернетической защите подстанций;
 - ❑ планируется создание испытательного стенда кибернетической защиты объектов электросетевого хозяйства





- ✓ Завершен основной этап испытаний первой в России и крупнейшей в мире высокотемпературной сверхпроводящей кабельной линии

Эффекты:

- повышение надежности центра питания крупного мегаполиса
- увеличение пропускной способности КЛ при меньших массогабаритных характеристиках;
- снижение потерь электроэнергии электрических сетях;
- сокращение установленной трансформаторной мощности и упрощение схемы подстанций

Минэнерго России включило разработку ПАО «ФСК ЕЭС» в области сверхпроводимости в состав соответствующего национального проекта. Испытанный с проведением полной имитации рабочего режима опытный образец ВТСП кабельной линии постоянного тока протяженностью 2,5 км в 2020 году будет введен в эксплуатацию в энергосистеме г. Санкт-Петербурга и соединит две подстанции - 330 кВ «Центральная» и «РП-9», что повысит надежность электроснабжения города. В конце 2017 года проектная документация по внедрению линии получила положительное заключение Главгосэкспертизы РФ.





С 2016 года по заказу ФСК ЕЭС ведётся разработка новых унифицированных стальных решётчатых опор ВЛ 220-500 кВ и железобетонных фундаментов опор ВЛ 220-500 кВ по ПУЭ-7.

В настоящее время при использовании опор прежних унификаций проектные организации вынуждены существенно сокращать пролёты, что приводило к необоснованному перерасходу материалов.

Предварительный анализ показал, что при применении разрабатываемых конструкций опор за счет снижения материалоемкости опор (металла, бетона, изоляторов, линейной арматуры и др.) и оптимизации их количества, может быть сокращена стоимость строительства ВЛ на 5-15% относительно существующих унифицированных опор.



Одностоечные двухцепные анкерно-угловые и промежуточные опоры для линий электропередачи 500 кВ.

Применение двухцепных опор позволит отказаться от прокладки кабельных линий 500 кВ и тем самым в несколько раз сократить капитальные затраты на сооружение заходов 500 кВ. Проектирование и испытания новейшей двухцепной анкерной опоры для воздушных линий напряжением 500 кВ реализовано впервые за 40 лет.

Марка опоры:	У220-2 (+9)	У220-2 _м (+9)	ПС220-3	ПС220-3 _м	ПС220-5	ПС220-5 _м
Масса опоры, т	22,88	23,4	4,88	4,95	5,79	5,69
Габаритный пролёт, м	295	345 (↑17%)	365	499 (↑36%)	290	345 (↑19%)
Стоимость 1 опоры, млн.руб.	0,52	0,509 (↓2%)	0,1	0,104	0,114	0,113
Стоимость владения ВЛ (5 км), млн.руб.	-	-	8,13	7,626 (↓6,2%)	8,962	8,459 (↓5,6%)



При разработке новых опор проводятся оптимизационные расчеты с учетом возможности использования проводов прогрессивных конструкций, что обеспечит их эффективное использование при реализации электросетевых объектов.

• Быстродействующие управляемые шунтирующие реакторы

В 2012 году по заданию ПАО «ФСК ЕЭС» АО «НТЦ ФСК ЕЭС» разработал и испытал принципиально новый тип управляемого реактора с тиристорным регулированием мощности (УШРТ) на напряжение 500 кВ мощностью 180 Мвар.

По результатам испытаний головного образца была разработана серия УШРТ на напряжения 110-500 кВ, мощностью 25-180 Мвар.

Реализованные проекты:

1. УШРТ-50000/220 УХЛ1 на ПС 220 кВ Светлая МЭС Сибири
2. УШРТ-100000/220 УХЛ1 на ПС 220 кВ Кафа МЭС Юга
3. УШРТ-25000/110 УХЛ1 на ПС 220 кВ Быстринская МЭС Сибири
4. УШРТ-63000/220 УХЛ1 на ПС 220 кВ Пихтовая, Роснефть



• Забайкальский преобразовательный комплекс (ЗБК)

Реализован на ПС 220 кВ Могоча (МЭС Сибири)

Цели разработки:

1. объединение раздельно работающих энергосистем ОЭС Сибири и ОЭС Востока и повышение надежности их функционирования;
2. обеспечение качества электроэнергии и повышение пропускной способности железной дороги.
3. обеспечение бесперебойного электроснабжения объектов Транснефти.

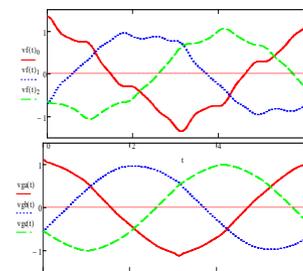
ЗБК в настоящее время штатно работает в режиме СКРМ, обеспечивая необходимый уровень напряжения



• Фильтрокомпенсирующее устройство (ФКУ) на ПС 220 кВ Сковородино

В настоящее время уже зафиксирован ряд технологических нарушений, связанных с отключением двигателей нефтеперекачивающих станций ООО «Востокнефтепровод», питающихся от шин ПС 220 «Сковородино», вследствие действия защит из-за повышенной несимметрии напряжения питающей сети.

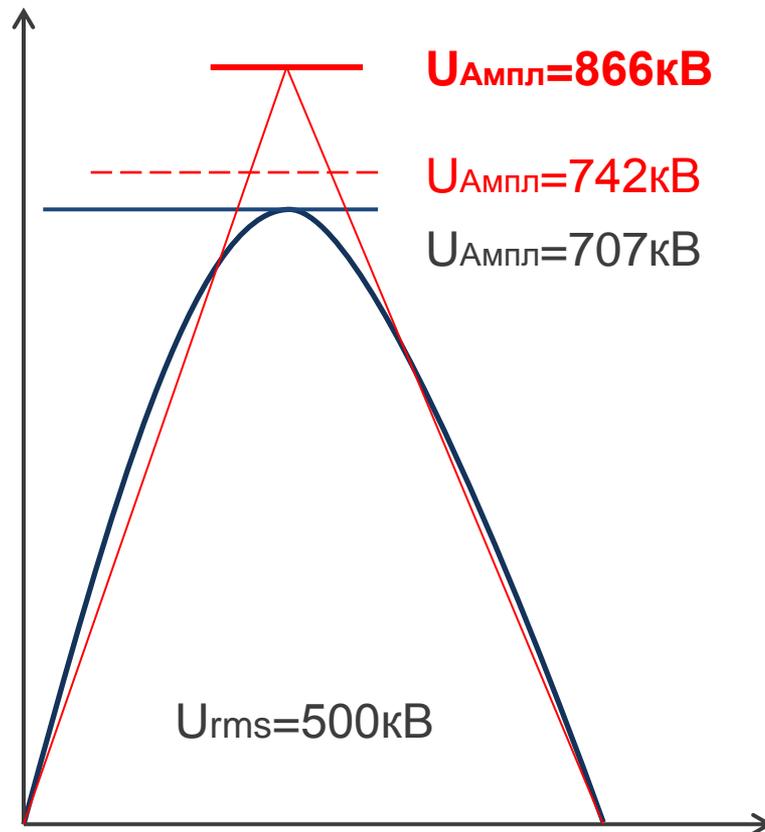
Установка ФКУ на шинах 110 кВ ПС 220 кВ Сковородино обеспечит компенсацию высших гармоник и симметрирование напряжения, что позволит повысить качество электроэнергии в соответствии с ГОСТ, а также обеспечит надежность работы оборудования потребителей.



Напряжение на шинах 110 кВ без и при действии ФКУ в режиме предельных искажений.

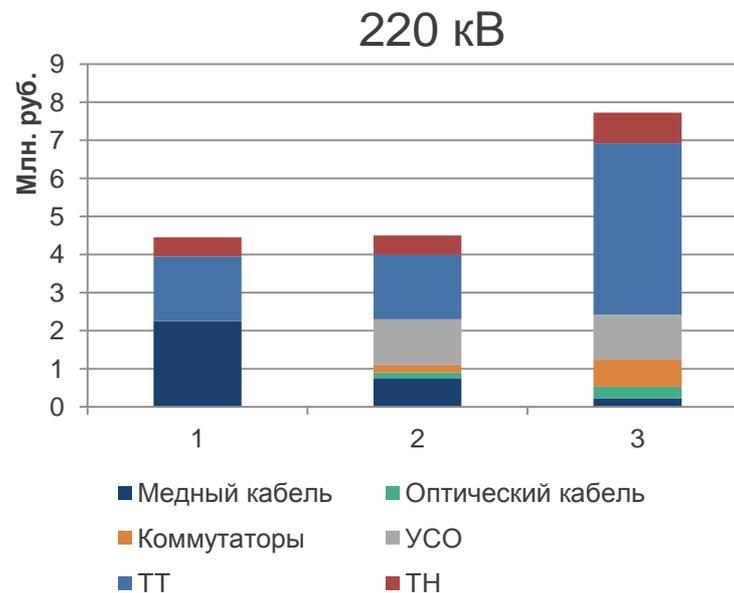
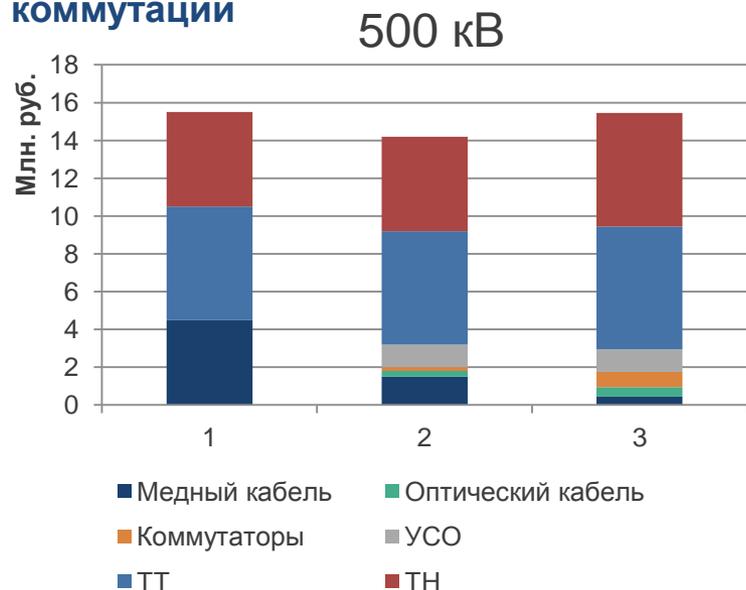


Для напряжения 500 кВ допускается повышение 5%=25кВ. Это мы обычно наблюдаем на СИ напряжения. Графики SIN и треугольник ($K_T=12,1\%$) имеют одинаковые действующие значения. Амплитуда треугольника с тем же RMS составит 1,225 или на 22,5% больше. Превышение для амплитуды напряжения 5,6% может достигаться при $K_T=3\%$, что является предельно допустимым K_T по ГОСТ 32144.





Стоимость измерительного оборудования и вторичной коммутации



Ключевые параметры ячейки 500 кВ



	1	2	3
Длина медного кабеля, км.	30	10	3
Длина оптического кабеля, км.	1	3	5
Масса кабеля, т.	15	5,15	1,75
Масса оборудования, т.	6,45	6,45	2,4
Кол-во клемм, шт.	2000	600	150



ПС 500 кВ Тобол



2018 г.



Благодарю за внимание!

**Главный метролог
ПАО «ФСК ЕЭС»
Большаков Олег Вадимович
тел. +7 (495) 710-92-72
mail Bolshakov_OV@fsk-ees.ru**