



Программа работ по разработке и внедрению технологии  
«Цифровая подстанция» в ЕНЭС. Результаты. Перспективы

Начальник Департамента Инновационного развития ПАО «ФСК ЕЭС»  
Архипов И.Л.



Цифровая подстанция

Цифровое проектирование

Энергоэффективность и снижение потерь

Удаленное управление и безопасность

Качество электроэнергии

Управление надежностью и активами

Композитные материалы и  
сверхпроводимость

## Ожидаемые эффекты

### Экономические:

- сокращение затрат на проектирование и строительство;
- сокращение затрат на эксплуатацию ПС.

### Технологические:

- сокращение времени на проектирование и наладку;
- снижение ошибок и повышение надежности решений;
- внедрение новых технологических решений.

### Организационные:

- привлечение молодежи в сектор;
- ведение новых схем обслуживания;
- внедрение новых технологических решений.





Приоритетные направления технологического и инновационного развития	КПЭ								
	Надежность энергоснабжения потребителей			Эффективное управление			Развитие инфраструктуры		
	Показатель надежности: отсутствие роста крупных аварий	Достижение уровня надежности оказываемых услуг	Снижение удельных операционных расходов (затрат)	Снижение удельных инвестиционных затрат	Уровень потерь электроэнергии	Показатель производительности труда	Выполнение графика ввода объектов в эксплуатацию	Эффективность инновационной деятельности	Соблюдение сроков осуществления технологического присоединения
Цифровая подстанция	■	■	■	□	□	■	■	□	■
Цифровое проектирование	□	□	□	■	□	■	■	■	■
Энергоэффективность и снижение потерь	□		■	□	■	□		□	
Удаленное управление и безопасность	■	■	■		□	■		□	□
Качество электроэнергии		■	□		□	□		□	
Управление надежностью и активами	□	■	■	□		■		□	□
Композитные материалы и сверхпроводимость			■	■			□	□	□

■ – влияет; □ – влияет косвенно; «пустая ячейка» – фактически полное отсутствие влияния соответствующего приоритетного направления технологического и инновационного развития на КПЭ.



# АПРОБАЦИЯ И ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ



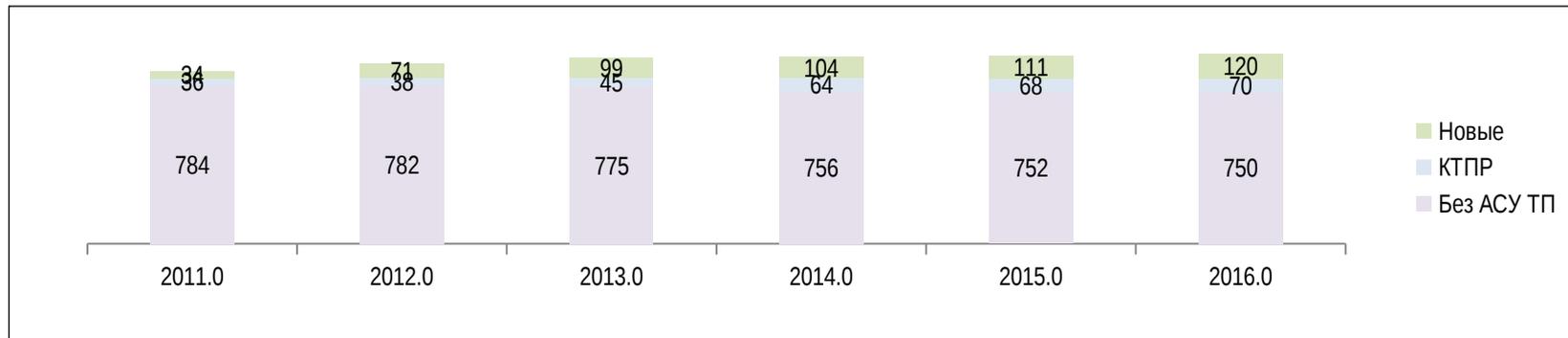
✓ Техническая политика компании направлена на максимальное внедрение группы стандартов МЭК 61850 с целью повышения надежности и оптимизации процессов, сопровождающих использование оборудования.

✓ Первый опыт применения данной технологии состоялся в конце 2005 года на ПС 500 кВ Алюминиевая.

В 2006-2007 годах на:

- ПС 750 кВ Белый Раст
- ПС 500 кВ Воронежская
- ПС 330 кВ Князегубская
- ПС 750 кВ Ленинградская

✓ Оснащение подстанций средствами АСУ ТП с поддержкой МЭК 61850 8.1:





Поддержка MMS в устройствах РЗА и SCADA позволило отказаться от применения: устройств центральной сигнализации, комплектов RTU (УСО), преобразователей интерфейса различных протоколов ( ModBus, Profibus, 60780-1(3),4) значительно расширить перечень снимаемых сигналов при снижении капитальных затрат на реализацию.

В итоге, для ПС оснащенных SCADA и MMS в настоящее время подготовлен проект стандарта о пересмотре правил обслуживания в сторону значительного снижения профилактических комплексов с **40 до 8 часов.**





Протокол	Применение	Освоение
61850 – 8.1 (MMS)	Передача неприоритетных сигналов (дискретных и аналоговых), не участвующих в цикле управления в режиме мягкого реального времени. Сбор данных осуществляется путем опроса или в виде отчетов по событиям (спорадически).	100%
61850 – 8.1 (GOOSE)	Передача дискретных сигналов с высоким приоритетом для реализации команд управления.	60%
61850 – (PPS)	Протокол синхронизации времени по выделенному коаксиальному кабелю или оптоволокну	80%
61850 – 1588(PTP)	Протокол синхронизации времени по рабочему тракту Ethernet	20%
61850 37.118 (WAMS)	Протокол передачи отсчетов векторных измерений на высшие уровни управления (центры диспетчеризации)	30%
61850 9.2	протокол передачи отсчетов мгновенных значений (токов и напряжений) для целей управления, измерения и учета.	5%





Проблемы, обнаруженные в результате полученного опыта применения стандарта 61850 (8.1):

- различными производителями применяются собственные профили, которые между собой не совместимы без работ по адаптации, при этом они не противоречат базовому стандарту 61850 8.1.
- значительная часть сигналов, касающаяся диагностических параметров в стандарте не доопределена и отдана на откуп производителей и интеграторов.



*Язык — это часть нашего организма и не менее сложная, чем сам этот организм.*

*Людвиг Витгенштейн*





<ul style="list-style-type: none"><li>• Аналогичная</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Переходная</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• ТСК</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• ТО</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 поколение ЦПС</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 2 поколение ЦПС</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• ТОК</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• ТОК, S V ПОТ</li></ul>



Объект	Год	Архитектура
ПП 500 кВ Тобол	2018	3
ПС 220 кВ Радищево	2019	3
ПС 1150 кВ Итатская	2020	2
ПС 750 кВ Белый Раст	2020	3
ПС 220 кВ Луч	2020	3
ПС 500 кВ Курган	2021	2
ПС 500 кВ Газовая	2021	2
ПС 220 кВ Мокша	2021	2
ПС 330 кВ Махачкала	2021	2
ПС 220 кВ Шмелево	2021	3
ПС 220 кВ Радищево	2021	3
ПС 220 кВ Вешенская	2021	3
ПС 220 кВ Б10	2021	3
ПС 220 кВ Зимовники	2021	3





Объект	Год	Архитектура
ПС 500 кВ Газовая	2021	3
РП 220 кВ Черноморская	2022	2
ПС 330 кВ Благодарная	2022	2
ПС 220 кВ Афипская	2022	3
ОРУ 500 кВ Ириклинская ГРЭС	2022	3
ПС 330 кВ Сеймская	2024	2
ПС 330 кВ Курская	2024	2
ПС 220 кВ Ужур	2024	2
ПС 220 кВ Центр	2024	2
ПС 220 кВ Сортавальская	2024	2
ПС 220 кВ Новобрянская	2024	2
ПС 220 кВ Найтоповичи	2024	2
ПС 220 кВ Сыктывкар	2024	2



# ПОДСТАНЦИЯ 500 кВ ТОБОЛ



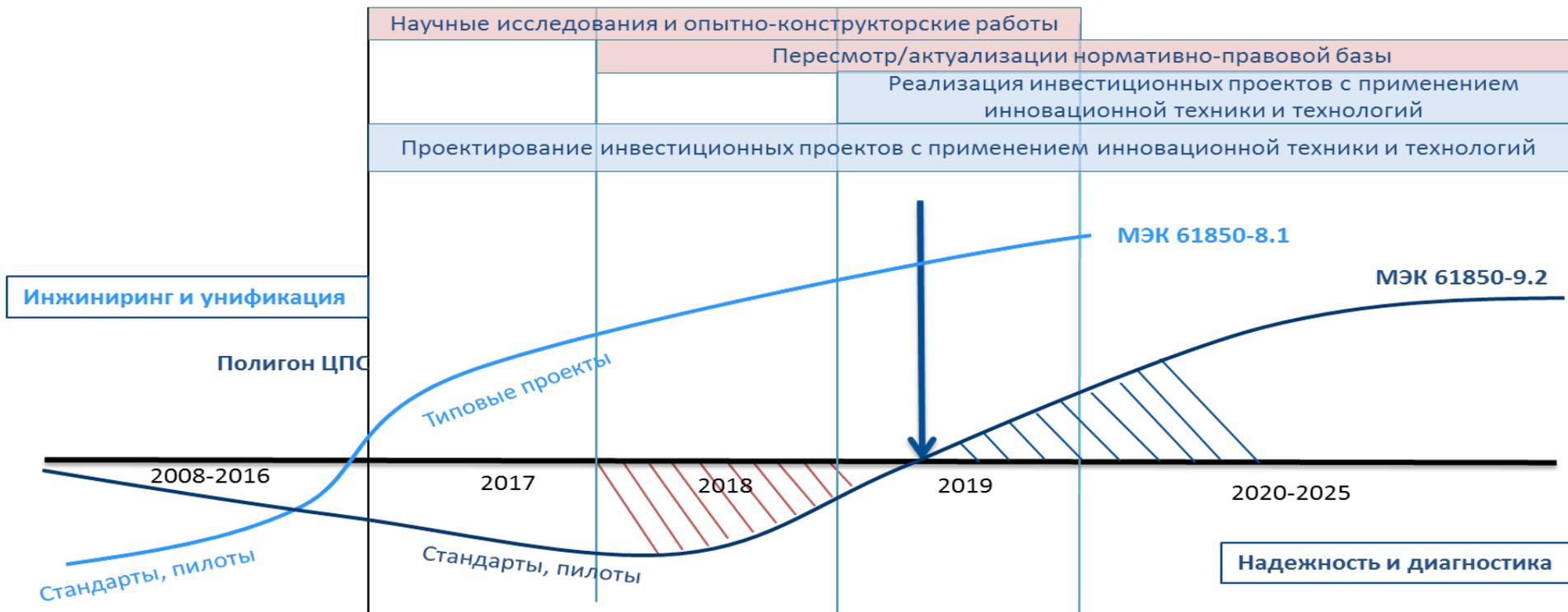
Октябрь 2017 Москва



Ноябрь 2017 Западная Сибирь ПС 500 кВ Тобол



# НАУЧНО ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА ТЕНОЛОГИИ





## 2010

На базе АО «НТЦ ФСК ЕЭС»  
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.



## 2014

Разработка опытных образцов

- Комплекс оценки динамических характеристик ЦПС
- Симулятор IED
- ПТК для синхронных векторных измерений (PMU)
- Оптический ТН 220 кВ

## 2016-2020

Текущие и перспективные НИОКР

- Типовые проектные решения РЗА и АСУ ТП
  - Корпоративные профиль МЭК 61850
  - Типовые архитектуры
  - Типовые шкафы
- Информационная безопасность цифровых подстанций на базе МЭК 61850
- Системы диагностики функционирования
- Волновые ОМП с поддержкой МЭК 61850
- Комплекс для испытаний технических решений и приемки в эксплуатацию

## 2005

Анализ опыта и концептуальное проектирование





	Автоматизация	Цифровизация
Атом	Сигналы	Объекты/узлы сети
Архитектурные принципы	Архитектурная иерархия	Ролевая иерархия
Полевой/средний уровень	Сбор и передача	+ обработка + настройка
Высший уровень	Обработка, выдача команд	Координация, контроль, структуризация
Инжиниринг	HardWare привязка	SoftWare привязка
Система разделения труда/бизнес модель	StatusQuo	Корректировка
Место хранения внутреннего и внешнего мира	Проектная документация	Внутри устройств/самоописание



# ЦИФРОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ЦИФРОВАЯ ПОДСТАНЦИЯ



**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

2017

Каталог технических решений повторного применения

2017

Приложение к САПР

2017

Открытый формат и API

Каталог типовых ОРУ 110-500кВ

2017

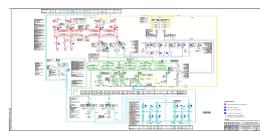
Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ (НТП ПС) – 2017

Требования по цифровым моделям

Цифровая модель схемно-компоновочного решения ПС



Автоматизированное формирование ПД, на основе базы данных типовых решений





## Новые возможности

Диагностики вторичного оборудования ,  
измерительных трансформаторов и их  
цепей

Диагностика ключевых параметров  
силового оборудования

Повышение метрологических  
характеристик

Использование моделей для управления

Повышение достоверизации дискретных  
сигналов для целей режимного и ПА  
управления

Оценка переходных процессов

## Перспективные сервисы и системы

«Интеллектуальные» регистраторы аварийных событий,  
ОМП

Диагностические комплексы силового оборудования

Средства on-line контроля (калибровки) метрологических  
характеристик измерительных каналов  
Системы оценки состояния объектового уровня

Системы адаптации настроек регуляторов/защиты.

Виртуализация функционала ФОТ, ФОЛ

Системы управляемой коммутации  
Средства выявления аварий (возмущений) в сети



«Для извлечения максимальной пользы из этой новой технологии менеджерам объектов нужно обучаться и участвовать в разработке соответствующих решений для своих предприятий, а не занимать выжидательную позицию и не перепоручать свои задачи другим».



### Special report 2016 SC B3 «Substations»

«However, to fully benefit from this new technology, asset managers need to educate themselves and participate in developing the appropriate solutions for their own utilities and not “sit on the fence” or outsource the challenge to others».



ФСК



ЕЭС

СПАСИБО!  
ПЛОДОТВОРНОЙ РАБОТЫ НА  
КОНФЕРЕНЦИИ



## **Нормативно-техническое обеспечение применения МЭК 61850:**

- СТО 56947007-25.040.40.226-2016 «Общие технические требования к АСУТП ПС ЕНЭС. Основные требования к программно-техническим средствам и комплексам»
- СТО 56947007-25.040.40.227-2016 «Типовые технические требования к функциональной структуре автоматизированных систем управления технологическими процессами подстанций Единой национальной электрической сети (АСУ ТП ПС ЕНЭС)»
- СТО 56947007-29.200.80.210-2015 «Контроллеры присоединения. Типовые технические требования»
- СТО 56947007-29.240.10.028-2009. Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ (НТП ПС)

## **Разработка 2017-2018:**

- Сети и системы коммуникаций на подстанциях (на основе группы стандартов МЭК 61850).
- Синхронизации точного времени сетевого протокола для измерительных и управляющих систем. IEC 61588 ред. 2.0.
- Методические указания по проектированию ЦПС.
- Технические требования к аппаратно-программным средствам и электротехническому оборудованию ЦПС.
- Типовые методики испытаний компонентов ЦПС на соответствие стандарту МЭК 61850 первой и второй редакции.
- Руководящие указания по эксплуатации оборудования ЦПС.
- Трансформаторы тока и напряжения электронные измерительные с цифровым выходом по МЭК 61850. Методы испытаний.
- Аналого-цифровые устройства сопряжения. Методы испытаний.
- Счетчики электрической энергии с цифровыми входами и цифровыми выходами по МЭК 61850. Методы испытаний и поверки.

