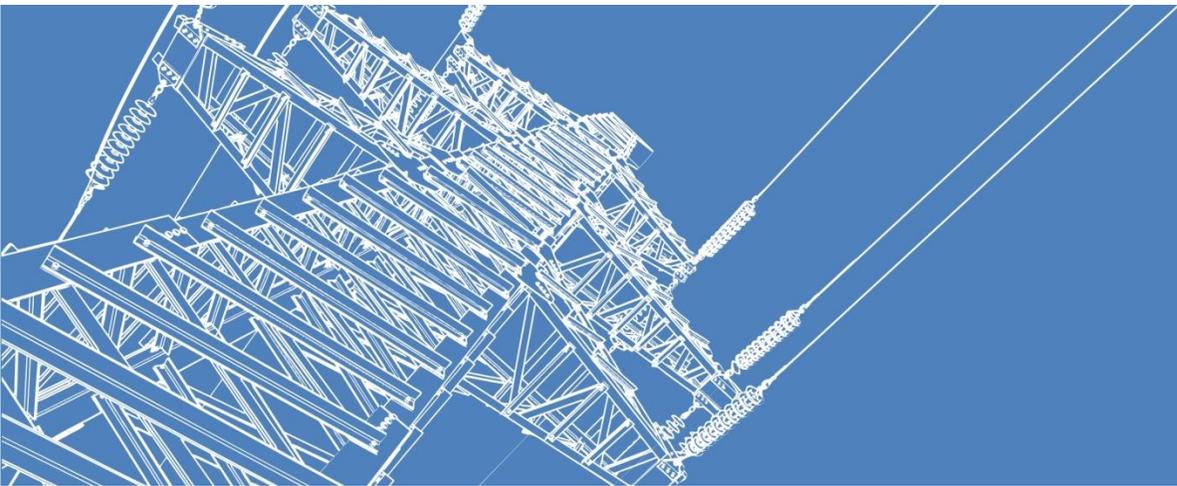


Разработка и внедрение ЦПС на вновь строящихся и реконструируемых объектах энергетики.

Шеметов А.С.

Апрель 2018





1

Термины и определения технологии «Цифровая подстанция» (ЦПС).



Цифровая ПС – это ПС создающая единое информационное пространство с общедоступной информацией для всех устройств участвующих в управлении энергообъектом



Архитектура построения

ПС I типа

Обмен всей информацией между ИЭУ осуществляется дискретными и аналоговыми электрическими сигналами, передаваемыми по контрольному кабелю; информационный обмен с верхним уровнем (SCADA) осуществляется по цифровому протоколу MMS



Архитектура построения

ПС II типа

Взаимодействие между ИЭУ выполняется при помощи объектно-ориентированных сообщений (протокол GOOSE), согласно стандарту МЭК 61850-8-1;

информационный обмен с верхним уровнем (SCADA) осуществляется по цифровому протоколу MMS;

измерения тока и напряжения передаются в виде электрических аналоговых сигналов с использованием контрольных кабелей

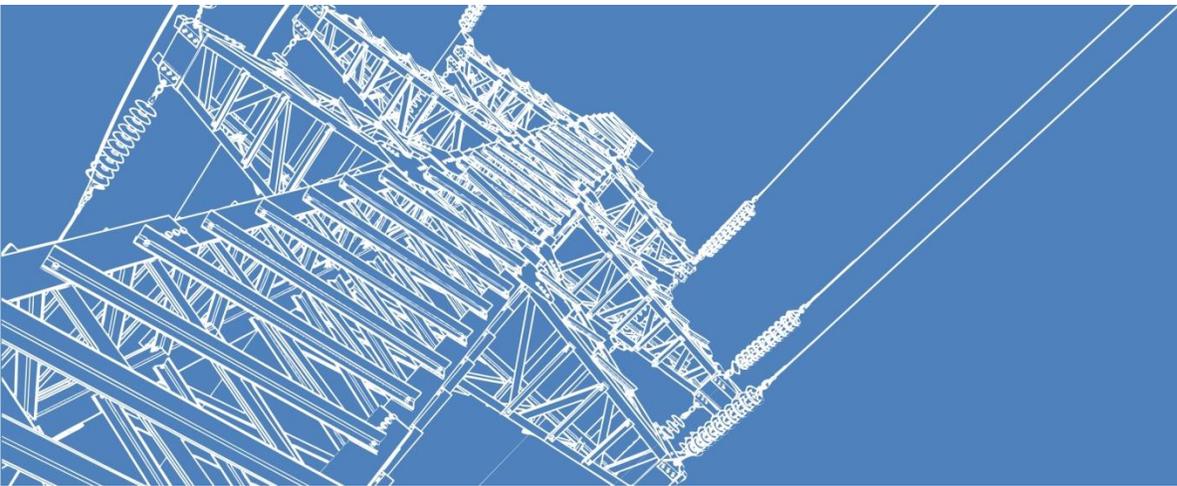


Архитектура построения

ПС III типа

Взаимодействие между ИЭУ РЗА выполняется при помощи объектно-ориентированных сообщений (протокол GOOSE), согласно стандарту МЭК 61850-8-1; информация от измерительных устройств тока и напряжения передается в цифровом виде с использованием протокола передачи мгновенных значений (SV), согласно стандарту МЭК 61850-9-2; информационный обмен с верхним уровнем (SCADA) осуществляется по цифровому протоколу MMS





2

Технические проблемы, которые могут быть эффективно решены с применением технологии ЦПС.

Технические проблемы, которые могут быть эффективно решены с применением технологии ЦПС.



Снижение затрат на наладку и последующее обслуживание
Повышение надёжности и наблюдаемости ПС

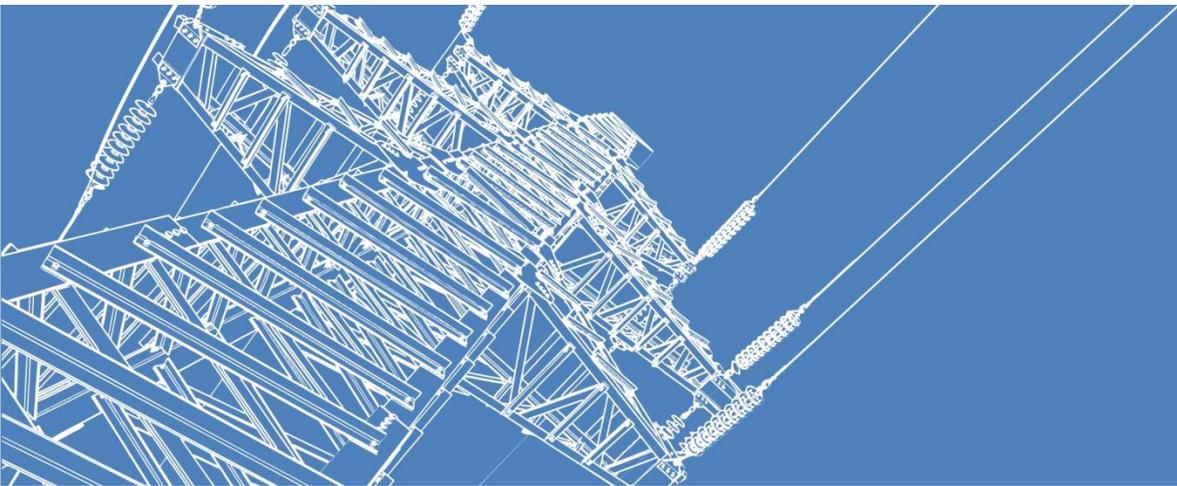


Снижение времени выведенного состояния оборудования (вывод оборудования только при неисправности)
Уменьшение количества технологических нарушений (непрерывная диагностика оборудования и цепей)
Оптимизация численности оперативного персонала (дистанционный вывод/ввод оборудования)
Возможность интеграции различных производителей



Переход на обслуживание «по состоянию»
Отработка технологии проектирования ЦПС
Отработка технологии приёмки устройств РЗА, ПА АСУ ТП на производстве
Отработка технологии монтажа и наладки ЦПС
Отработка технологии приёмки устройств РЗА, ПА АСУ ТП на объекте





3

Технические проблемы, сдерживающие широкое внедрение технологии ЦПС.



Необходимость пересмотра подходов к комплексам РЗА ЦПС

Новые возможности элементов ЦПС (ЭТТ, ЭТН, коммутаторы передачи данных) требуют пересмотра подходов к комплексам РЗА.



Технологии используемые в ЭТТ и ЭТН не отработаны

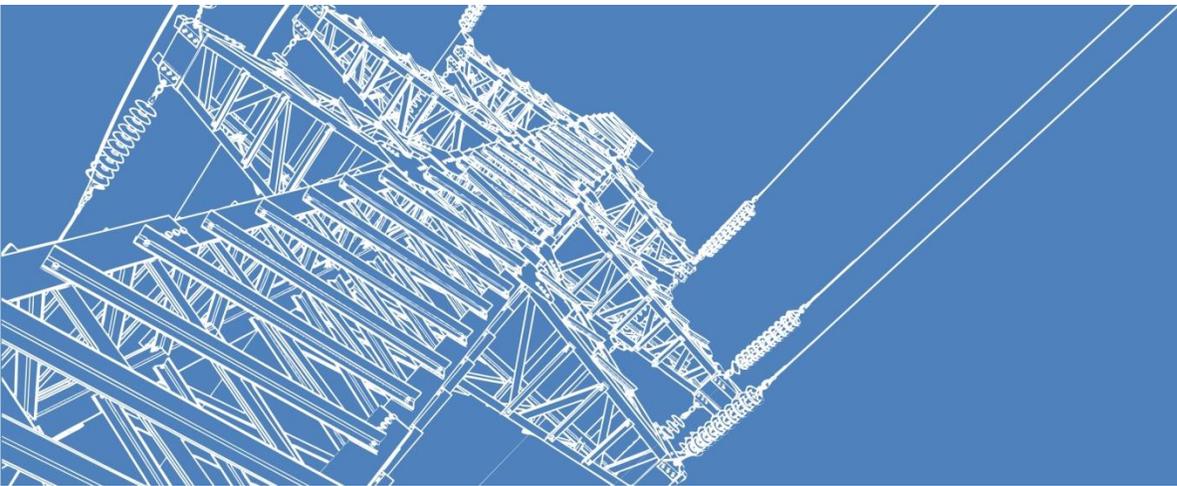
- Нет статистики по использованию ЭТТ и ЭТН
- Нет технических решений при потере синхронизации сервера времени со спутниками и при выходе всех серверов времени
- Решения по эксплуатации ЦПС подлежат отработке и дальнейшей корректировке после отработки



Информационная безопасность

В настоящее время отсутствуют апробированные технические решения по информационной безопасности ЦПС.





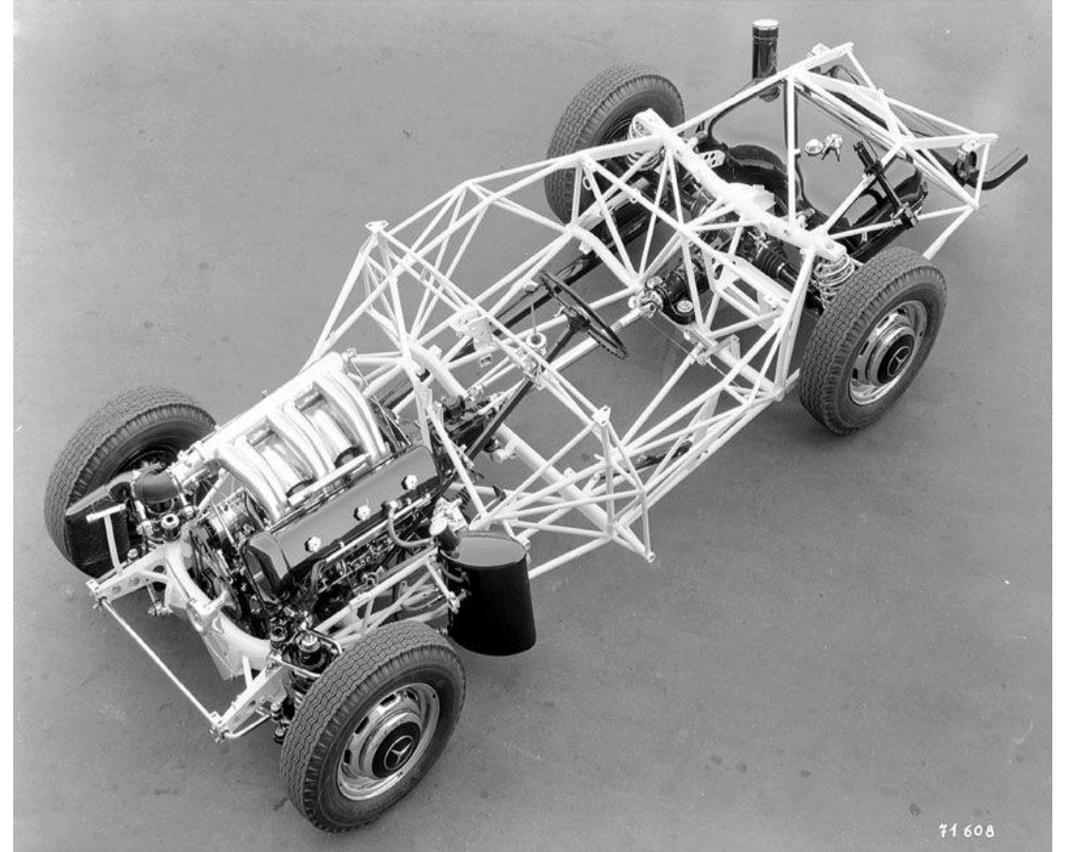
4

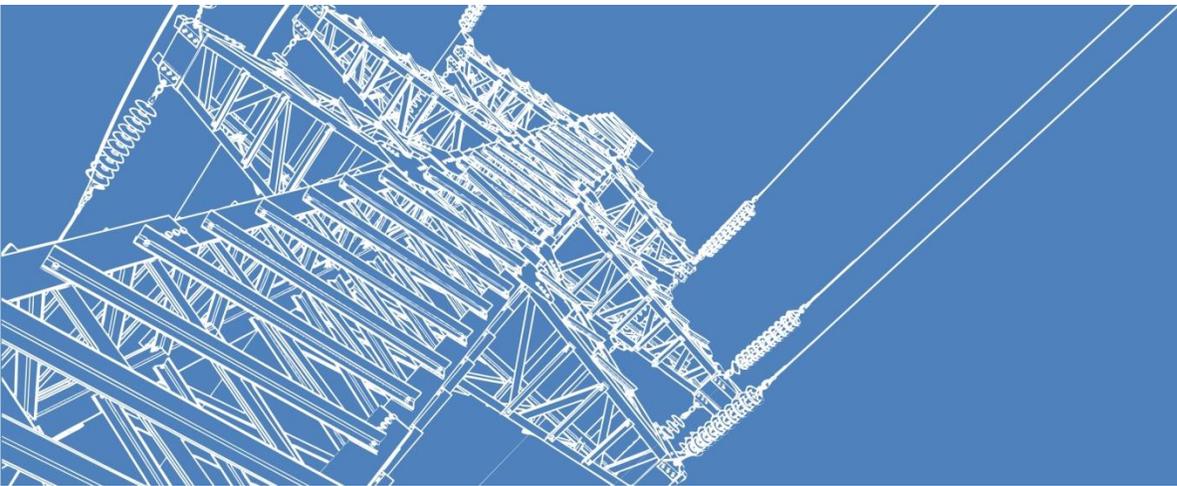
Достаточность стандарта МЭК 61850 для разработки и внедрения технологии ЦПС. Технические вопросы, требующие дополнительной стандартизации.

Достаточность стандарта МЭК 61850 для разработки и внедрения технологии ЦПС. Технические вопросы, требующие дополнительной стандартизации.

МЭК 61850 не достаточен в связи с:

1. Отсутствием узлов ПА
2. В стандарте отсутствуют конкретные временные значения (T0, T1) для передачи GOOSE сообщений
3. Наличие нескольких вариантов передачи SV потоков, 61850-9-2LE это лишь одна из интерпретации причем не самая лучшая
4. Не регламентированы часть функций и порядок действий – отданы на решение эксплуатации и производителям
5. Отсутствие узлов диагностических сигналов

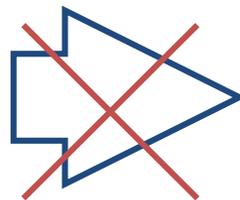




5

Актуальность перехода от «контроллерного» исполнения устройств РЗА к «компьютерному» исполнению (в краткосрочной, среднесрочной или долгосрочной перспективе).

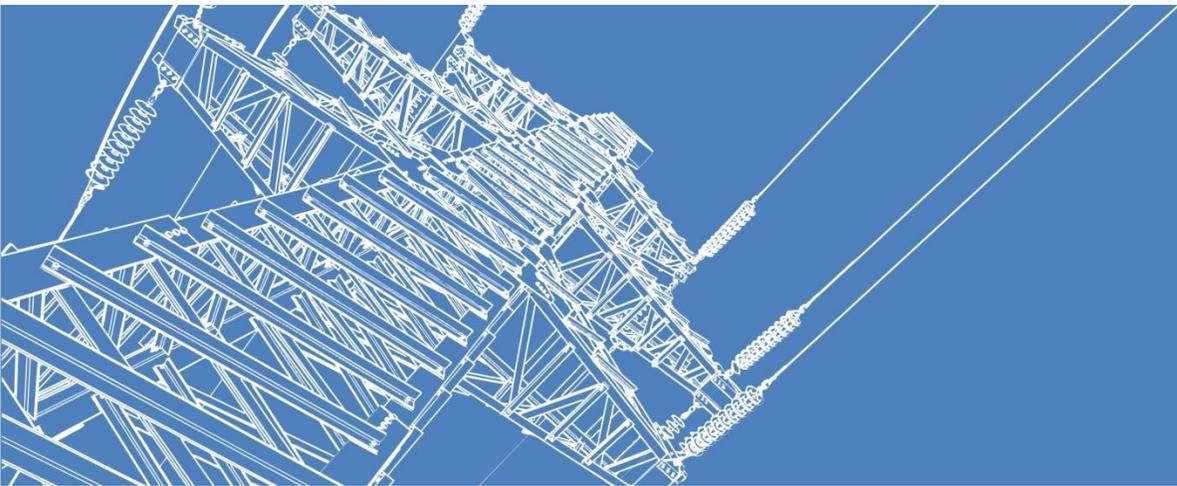
Актуальность перехода от «контроллерного» исполнения устройств РЗА к «компьютерному» исполнению



Можно рассматривать такой подход только в долгосрочной перспективе.

Для перехода на компьютеры необходимо:

1. Повысить срок службы серверов с 5 до 25 лет
2. Обеспечить сервер операционной системой реального времени с длительным сроком службы
3. Выработать требования к производительности серверов в зависимости от функций
4. Отсутствие отечественной элементной базы для комплектующих
5. Обеспечить ЭМС
6. Понизить стоимость промышленных решений



6

Актуальность перехода к кросс-платформенной программной реализации функций РЗА (в краткосрочной, среднесрочной или долгосрочной перспективе).

Актуальность перехода к кросс-платформенной программной реализации функций РЗА (в краткосрочной, среднесрочной или долгосрочной перспективе).



Кросс-платформенные решения подразумевают выполнение устройством своих функций в различных операционных системах (ОС).

Это утопия, пока нет четкого понимания и регламента.

Как поделить ответственность?

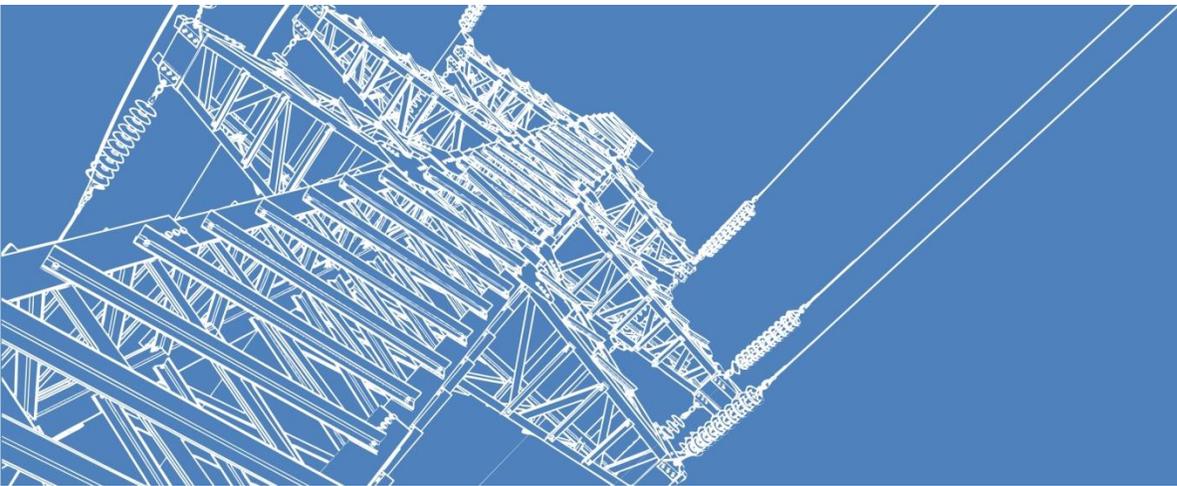
Кто будет отвечать за работу устройства, а кто за работу ОС?

ОС постоянно обновляются.

Тестирование отдельно /совместно?

При каких изменениях необходимо проводить тестирование во всех ОС.

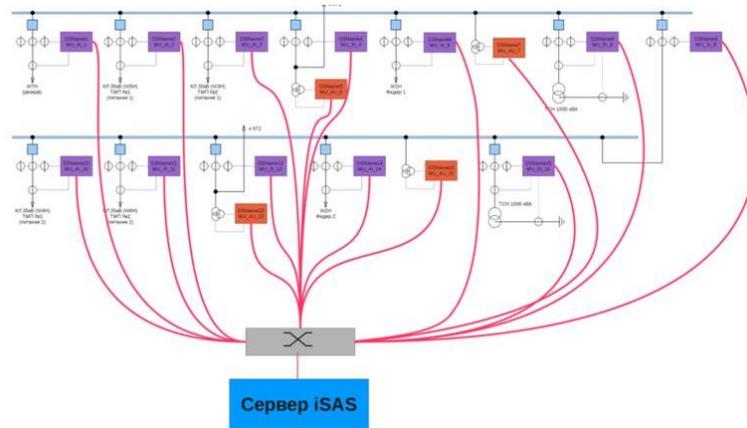




7

Обоснование применения различных вариантов архитектуры комплекса РЗА ЦПС (децентрализованная, централизованная, смешанная, гибкая и др.).

iSAS



iSAS для ПАО «ФСК ЕЭС» не применима.

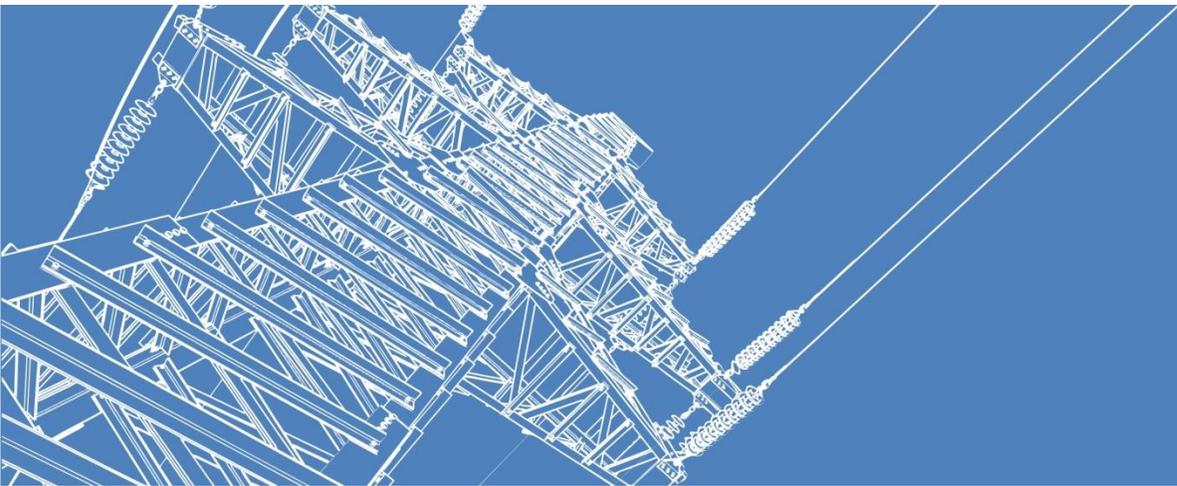
Данная технология в настоящий момент не имеет:

1. Технических требований для аттестации оборудования
2. Правил проектирования данных систем
3. Правил эксплуатации централизованных систем и способов технического обслуживания (выявление дефектов, правил послеаварийных проверок)
4. Срок службы серверов 5- 8 лет
5. ЭМС

Централизация это естественный процесс, который зависит от процессорных мощностей.

1. 3 –я архитектура уже вышла на централизацию защит одного присоединения в один шкаф.
2. В 2-ой НИОКР по типизации будут включены разработка 4-ой архитектуры где будут определены дальнейшие шаги по централизации защит, но с условием требований по надёжности, резервированию и возможности дальнейшей эксплуатации





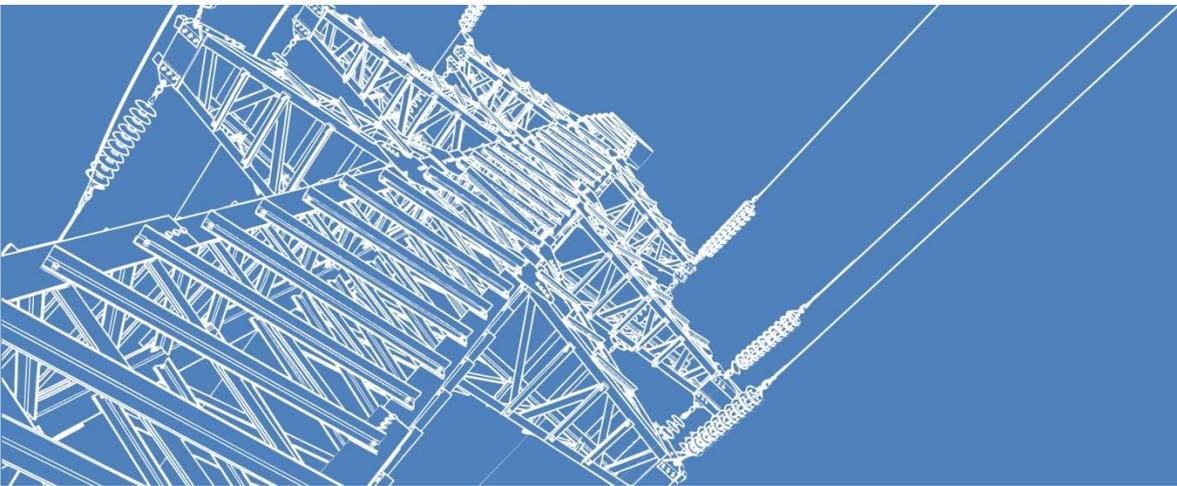
8

Вопросы интеграции систем РЗА и АСУТП при создании ЦПС.



- Применение устройств выполняющих одновременно функции РЗА и АСУ ТП predetermined техническим развитием
- Уже сейчас все чаще возникает вопрос к чему нужно относить коммутаторы, ШПДС, ЭТН, ОТТ
- В 4-ой архитектуре контроллер присоединения АСУ ТП планируется интегрировать с устройством РЗА





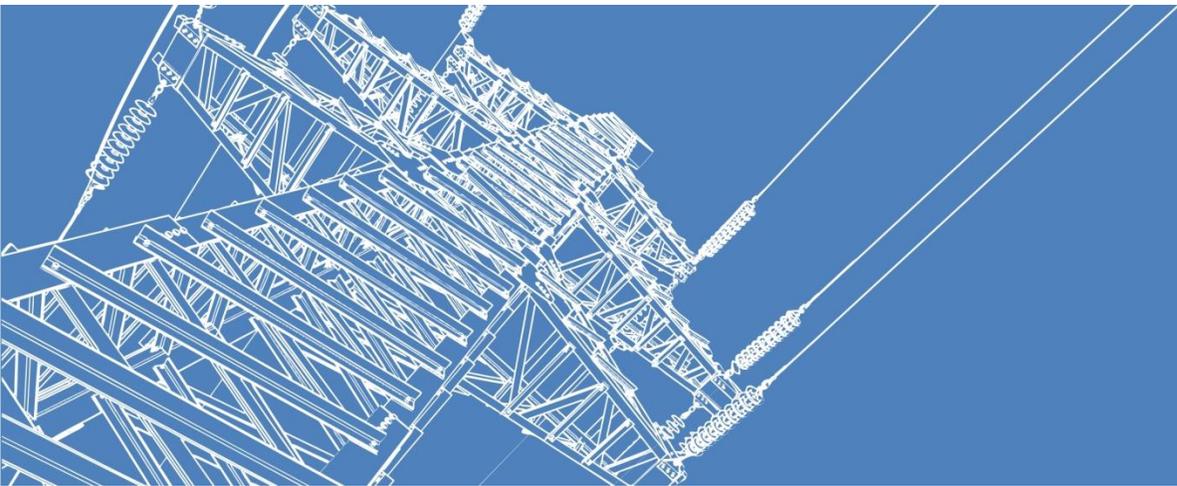
9

Необходимость пересмотра подходов к оценке надежности (проектной и эксплуатационной) комплексов РЗА, реализуемых по технологии ЦПС.

При применении МЭК 61850.

- Нужно учитывать возможность переподписки к другим GOOSE и SV
- Одно из основных свойств ЦПС: работоспособность при множестве последовательных отказов
- Как вариант использование универсальных подменных шкафов РЗА



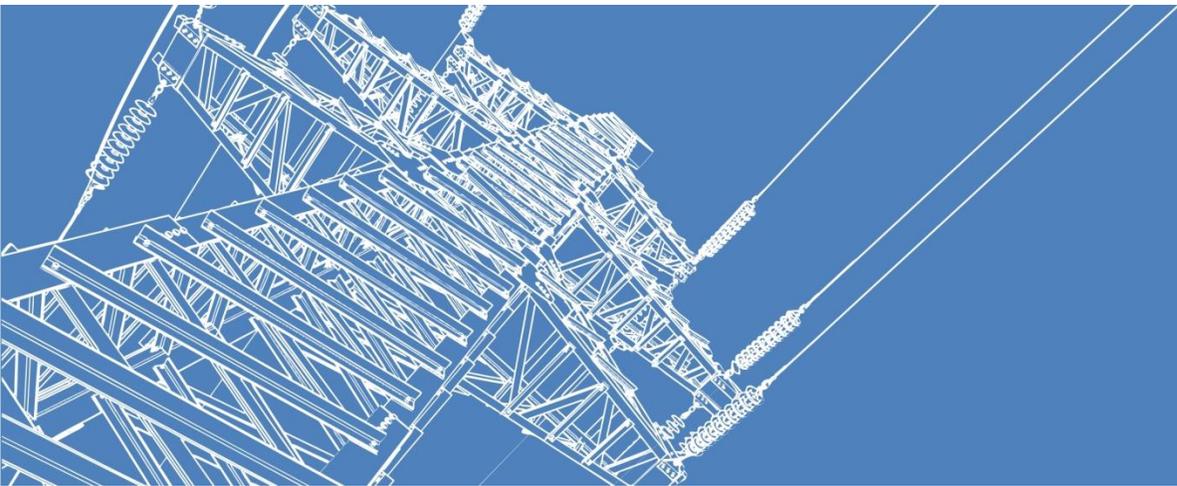


10

Технические решения, обеспечивающие надежность комплексов РЗА ЦПС. Технические решения, влияющие на поток отказов и время восстановления.

- Основное решение обеспечивающие надежность комплексов РЗА ЦПС это дублирование информации.
- ЦПС даёт возможность перейти от одного к двум источникам информации.





11

Мониторинг показателей надежности РЗА ЦПС. Перечень показателей надежности, необходимых для оценки функционально-интегрированных комплексов РЗА ЦПС.

Мониторинг показателей надежности РЗА ЦПС. Перечень показателей надежности, необходимых для оценки функционально-интегрированных комплексов РЗА ЦПС.



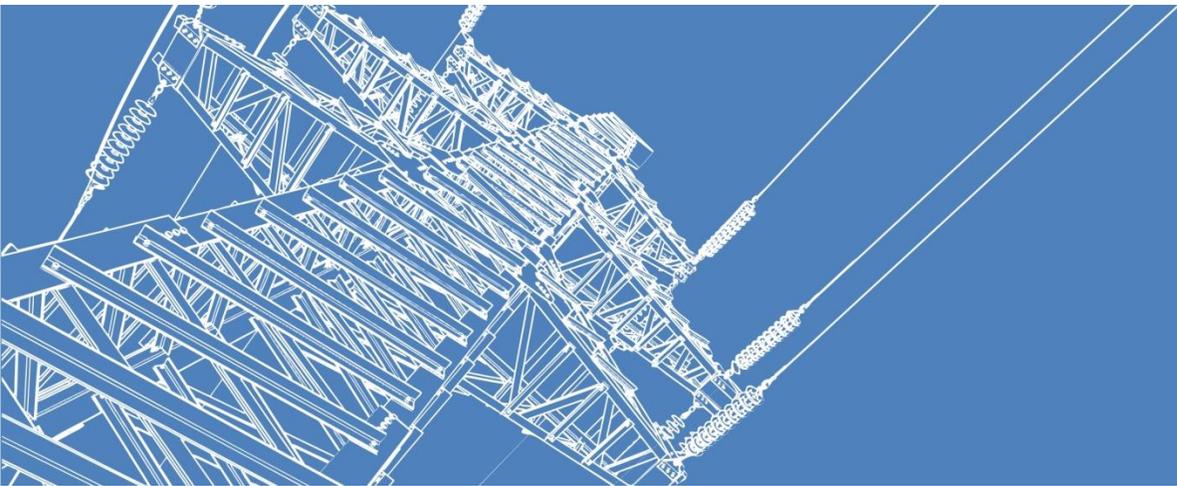
Показатели ДОЛГОВЕЧНОСТИ:

- Средний ресурс
- Средний срок службы

Показатели РАБОТОСПОСОБНОСТИ:

- Вероятность восстановления
- Среднее время восстановления
- Средняя трудоемкость восстановления
- Количество потерянных GOOSE сообщений и SV выборок
- Время перехода между источниками GOOSE и SV

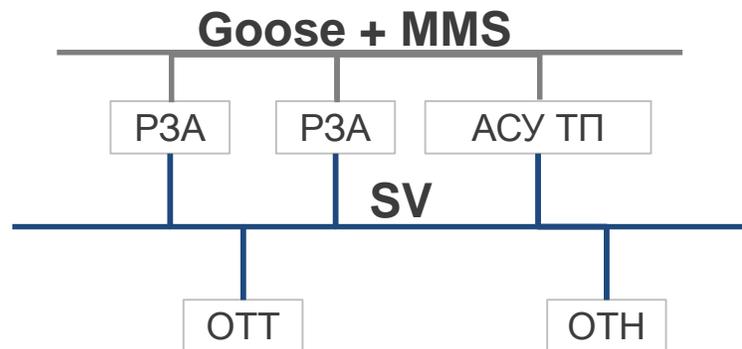




12

Предпочтительные/перспективные решения по построению ЛВС для «шины процесса»/«шины станции».



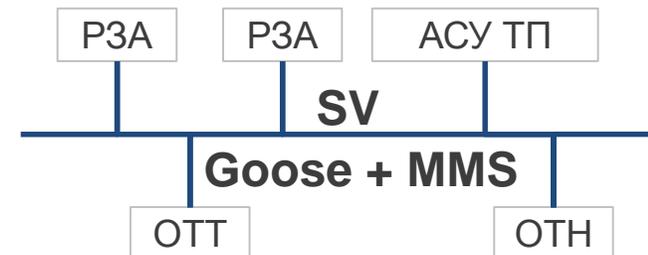


Сейчас

При построении сети используются коммутаторы 1Гб/с / 100 Мб/с поэтому:

Goose + MMS

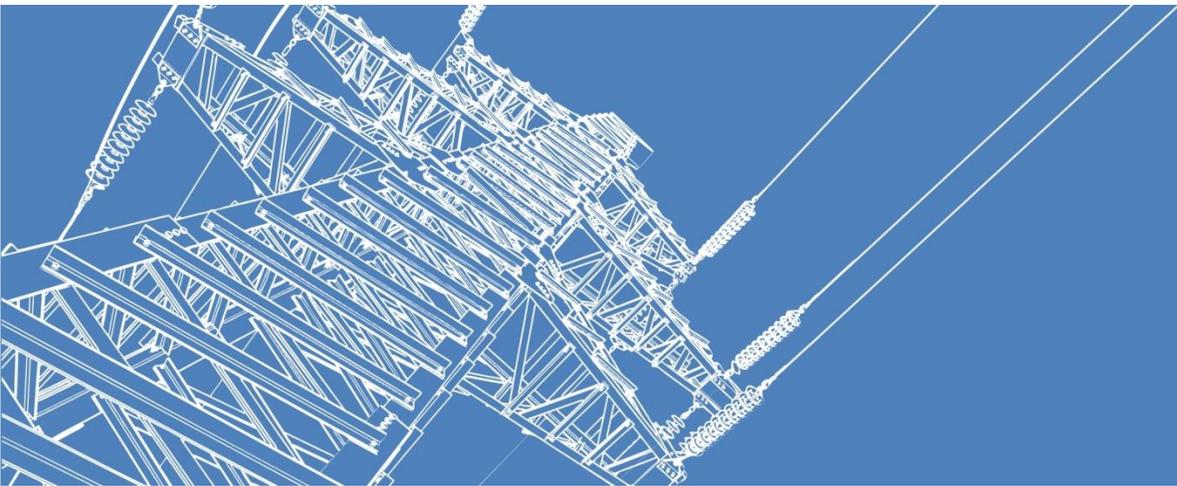
SV отдельно с целью обеспечения единого времени доставки.



Завтра

Как только цена гигабитного порта снизится, можно рассмотреть переход на ЕДИНУЮ ШИНУ 10Гб/с / 1 Гб/с

Goose + MMS + SV



13

Оценка в части предпочтительности/перспективности решения передачи данных по протоколу МЭК 61850-9-2 (LE) (Sampled Values), МЭК 61850-8-1 (GOOSE).

Оценка в части предпочтительности/перспективности решения передачи данных по протоколу МЭК 61850-9-2 (LE) (Sampled Values), МЭК 61850-8-1 (GOOSE).

С утверждением новых стандартов IEC 61869-9/-13 производители получают возможность реализовать произвольную частоту дискретизации аналоговых сигналов и структуру передаваемого набора данных.

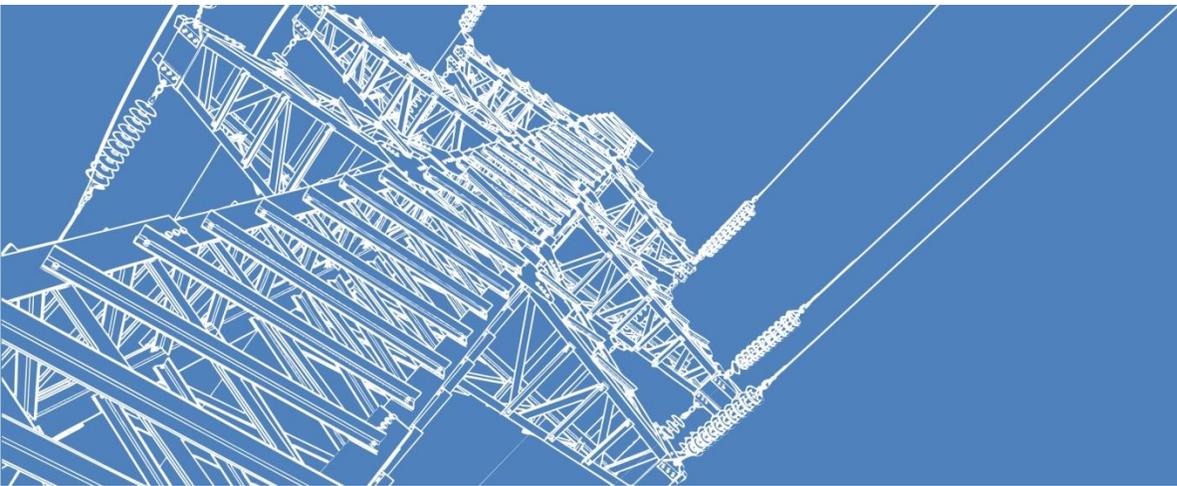
Наиболее перспективными решения передачи данных по протоколу МЭК 61850, только при разработки корпоративного профиля МЭК 61850 ПАО «ФСК ЕЭС»

Результатом внедрения корпоративного профиля МЭК 61850 является достижение единообразного вида проектируемых объектов вне зависимости от класса напряжения, типизацию процессов деятельности ЦПС на всех этапах его жизни.

Описание корпоративного профиля: 3-и или 1 значение, 96 или 288

Наименование показателя	Значение
Набор измеряемых электрических величин в одном SV-поток - ТТ, класс I-P - ТН, класс I-P - ТТ, класс I-P - ТН, класс I-P	I_A, I_B, I_C U_A, U_B, U_C I U
Количество выборок за период промышленной частоты (smpRate)	96
Количество выборочных значений электрической величины, передаваемых в одном кадре (noASDU), класс I-P	2

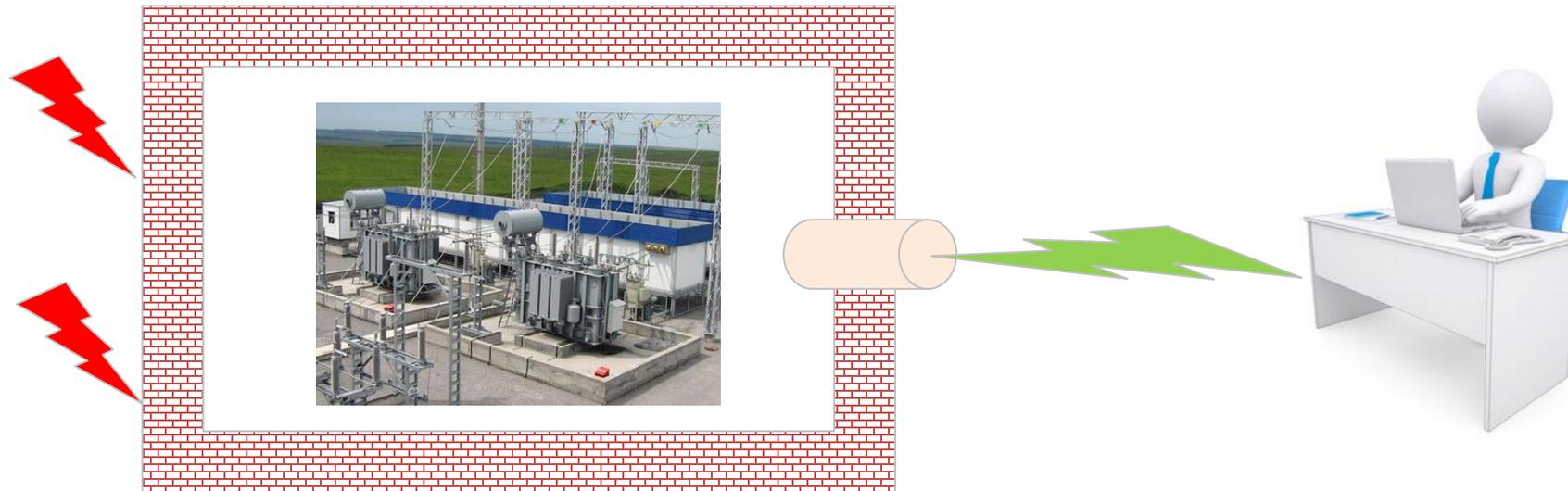




14

Требования и решения по обеспечению кибербезопасности, которые необходимо предъявлять к внедряемой технологии ЦПС.

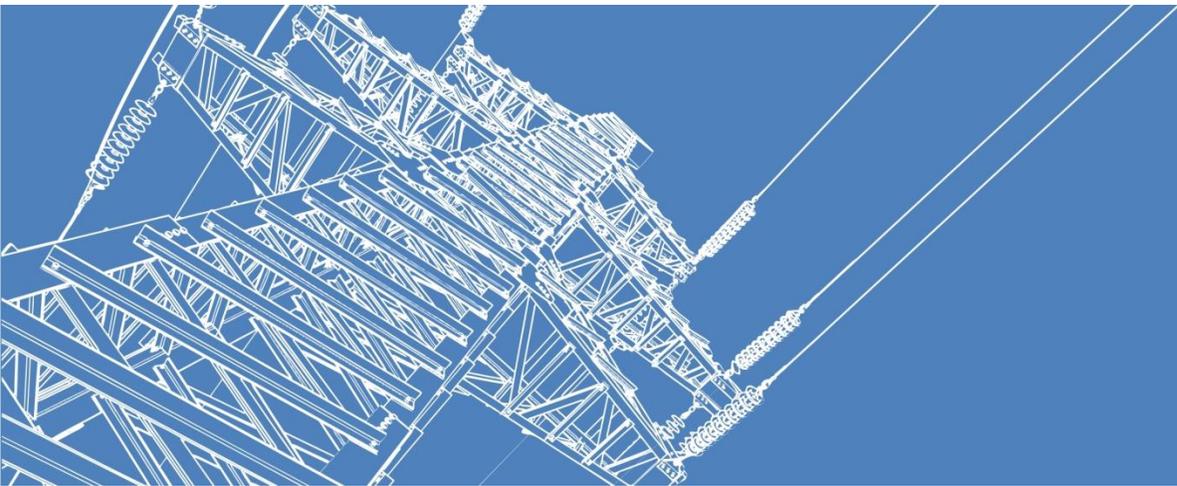
Требования и решения по обеспечению кибербезопасности, которые необходимо предъявлять к внедряемой технологии ЦПС.



Требования:

- Организационные мероприятия
- Защита периметра
- Удаление человека из защищённой зоны
- Автоматизация доставки данных с объекта





15

Инструменты/программно-технические средства, необходимые специалистам на стадии проектирования ЦПС, при наладке технических комплексов управления и в процессе их эксплуатации.

Инструменты/программно-технические средства, необходимые специалистам на стадии проектирования ЦПС, при наладке технических комплексов управления и в процессе их эксплуатации.



Программно-технические комплексы

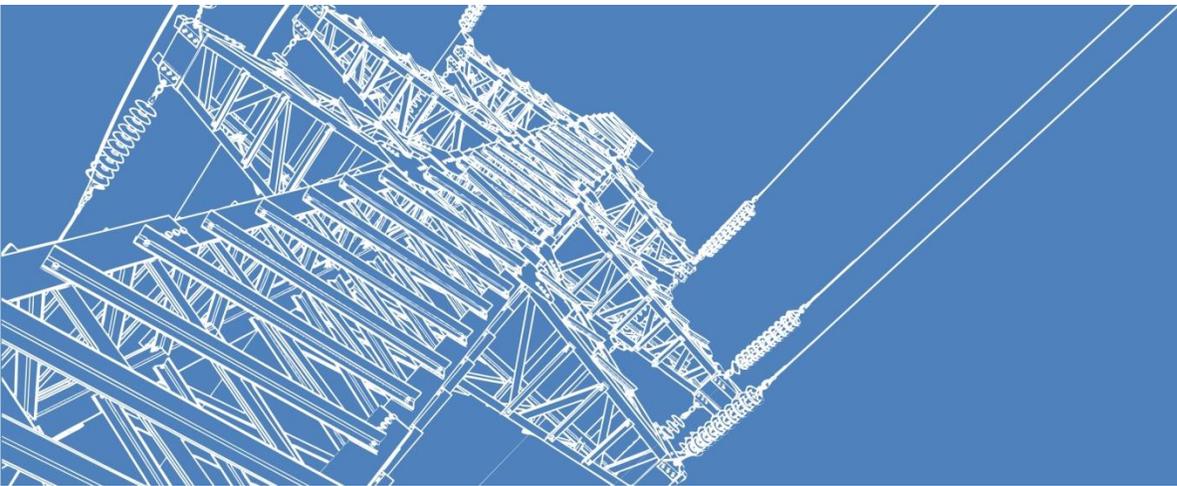
САПР по созданию
ПСД

ПТК по наладке и приемке

Комплекс мониторинга и
эксплуатации

Инструменты/программно-технические средства, необходимые специалистам на стадии проектирования ЦПС, при наладке технических комплексов управления и в процессе их эксплуатации.





16

Путь ПАО «ФСК ЕЭС» к Цифровой Подстанции



1. Типизация всех решений
2. Применение ШИНЫ СТАНЦИИ для передачи дискретных сигналов (MMS, GOOSE) и осциллограмм
3. Применение ШИНЫ ПРОЦЕССА для передачи мгновенных аналоговых значений в виде SV потоков
4. Приближение систем сбора информации к источнику. Применение шкафов ШПДС на ОРУ в непосредственной близости к КА и маслonaполненному оборудованию
5. Использование цифровых ТТ и ТН в качестве датчиков тока и напряжения
6. Расширенный функционал в части мониторинга, диагностики, управления оборудованием.



Типовые шкафы ПАО ФСК ЕЭС для ЦПС

	2 Архитектура	3 Архитектура
Получение аналоговых входных параметров	Ток, напряжение, 3*I, 3*U	SV поток 3*I, SV поток 3*U,
Получение дискретных входных параметров	GOOSE	GOOSE
Выдача управляющих воздействий	GOOSE	GOOSE
Испытательные блоки	испытательные блоки для I и U	
Для ввода/вывода функций, управляющих воздействий, вывода I, U и перевода токов на ОВ	для ввода/вывода функций и управляющих воздействий	
Выдача информации в АСУ ТП и др. системы	MMS, Report	MMS, Report
Шкафы РЗА и УПАСК	44 шкафа РЗА + 22 шкафа УПАСК	25 шкафов РЗА + 22 шкафа УПАСК
Шкафы АСУ ТП, шкафы наружной установки	27 шкафов АСУ ТП + 32 шкафов ШПДС (включая МО)	



Путь ПАО «ФСК ЕЭС» к Цифровой Подстанции

Шкафы наружной установки ПАО ФСК ЕЭС для ЦПС

КА



ШПДС

АТ



ШПДС МО

ТТ



ШПАС ТТ

ТН



ШПАС ТН

Конденсатор
СВЯЗИ

ШПАС ОН

Для 3-ей архитектуры будут использоваться ЭТТ и ЭТН , ШПАС на время реконструкции на время реконструкции до установки ЭТТ и ЭТН

Путь ПАО «ФСК ЕЭС» к Цифровой Подстанции Корпоративный профиль МЭК 61850 ПАО ФСК ЕЭС для ЦПС

Корпоративный профиль МЭК 61850 ПАО «ФСК ЕЭС» необходим с целью утверждения подходов по созданию электронного описания оборудования ПС, использования функционала и коммуникаций в рамках стандарта МЭК 61850 и содержит:

- Описание типовых элементов сети для классов напряжений 6-750 кВ с описанием первичного оборудования согласно МЭК 61850-6;
- Создание отсутствующих в МЭК 61850 узлов ПА и их раскрытие с обозначением каждого сигнала
- Описание типовых функций РЗА, АСУ ТП, ПА и УПАСК с привязкой к элементам сети согласно МЭК 61850-7-4;
- Описание типовых сигналов состояния, измерений и команд управления АСУ ТП согласно семантической модели МЭК 61850 и передачи этих сигналов согласно МЭК 61850-8-1 для Архитектур 1, 2, 3;
- Описание типовых сигналов для быстрой передачи посредством GOOSE-сообщений согласно МЭК 61850-8-1 для Архитектур 2 и 3;
- Описание передачи мгновенных выборок аналоговых значений Sampled Values согласно профилю 9-2LE, а также согласно требованиям ПАО «ФСК ЕЭС» относительно передачи выборок аналоговых значений в рамках стандарта МЭК 61850 9-2 и МЭК 61869-9 для Архитектуры 3.

Корпоративный профиль МЭК 61850 не замещает стандарт МЭК 61850, а уточняет и дополняет его.

Результатом внедрения корпоративного профиля МЭК 61850 является достижение единообразного вида проектируемых объектов вне зависимости от класса напряжения, типизацию процессов деятельности ЦПС на всех этапах его жизни.



Дальнейшая типизация шкафов ПАО ФСК ЕЭС для ЦПС

1. Типовые шкафы ПА
2. Типовые схемы логики типовых шкафов РЗА
3. Типовые шкафы СОПТ
4. Требования к ТТ в части переходных режимов
5. Продолжение расширения функционала САПР
6. Создание требований к АСУ ТП без оперативного персонала
7. Примеры выполнения РД со шкафами 2-ой и 3-ей архитектур



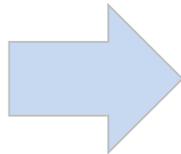
Путь ПАО «ФСК ЕЭС» к Цифровой Подстанции

Вопросы ставящие новые технологии перед РЗА

Новые возможности

ЭТТ - класс точности 1% во всём диапазоне

ЭТН - класс точности 0,2



- Даёт возможность пересмотреть правила расчёта 1-х зон ДЗ и выйти на 0,95-0,97 Z л и последующий отказ от ЗАС.
- Точность новых ЭТТ и ЭТН, а так же отсутствие погрешности в РЗА дают возможность пересмотреть K_n , $K_{отс}$ которые сейчас находятся в пределах 1,2 – 1,5

- Необходимо проанализировать величину $K_{ч}$ – МП терминалы по уровню надёжности срабатывания имеют другие показатели и при $K_{ч} = 1,1$ будут надёжно срабатывать
- Комплексы РЗА ЦПС имеют возможность оставаться работоспособными при нескольких последовательных отказах
- Имеется возможность дистанционного ввода подменных устройств РЗА

Принятие данных фактов и пересмотр нормативов даст возможность упростить комплекса РЗА и ускорить замену устаревшей электромеханических устройств РЗА



