



ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ЦИФРОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ – ПС 500 кВ ТОБОЛ

Дмитрий Воденников
Заместитель Председателя Правления –
главный инженер ПАО «ФСК ЕЭС»



- Переход к автоматизированному и автоматическому управлению основным и вспомогательным оборудованием ПС, на основе данных о техническом состоянии и параметров работы оборудования и устройств.
- Унификация и типизация решений для снижения ошибок и повышения скорости модернизации объектов.

САРЕХ

- применение типовых решений;
- улучшение конкурентной среды среди производителей оборудования;
- обеспечение внедрения отечественных инновационных разработок;
- снижение затрат на здание ОПУ и кабельную инфраструктуру РУ;
- **снижение времени монтажа и наладки комплексов РЗА ЦПС за счёт уменьшения количества подключаемых кабельных связей в 10 раз.**

ОРЕХ

- дистанционный контроль состояния комплексов РЗА и АСУ ТП;
- своевременное диагностирование параметров оборудования, выходящих за нормативные пределы;
- переход на техническое обслуживание оборудования и устройств по состоянию;
- обеспечение взаимозаменяемости оборудования разных производителей и уменьшения складских резервов.



Название титула: «**Строительство ПС 500 кВ
Тобол с заходами ВЛ 500 кВ Иртыш -
Демьянская и ВЛ 500 кВ Тюмень – Нелым**»

Начало проектирования: **2015 год**

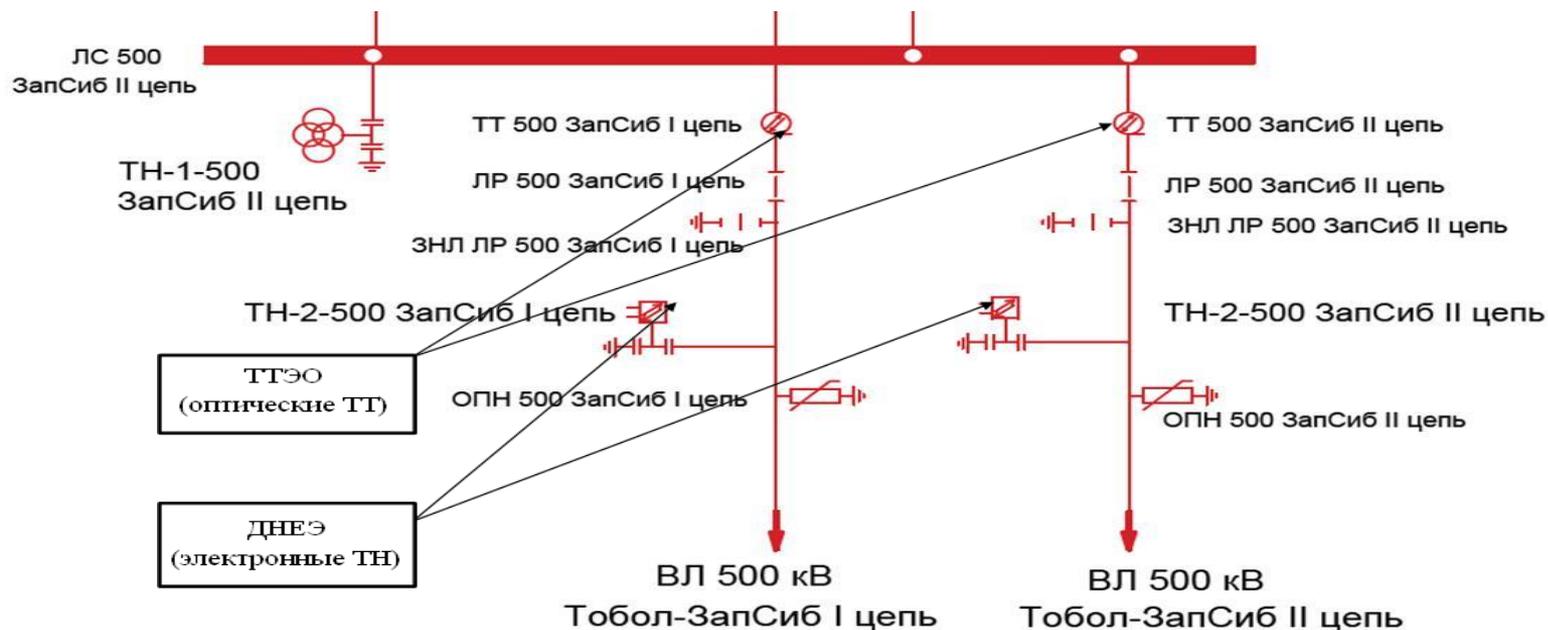
Начало строительства: **2016 год**

Окончание строительства: **01.03.2018**



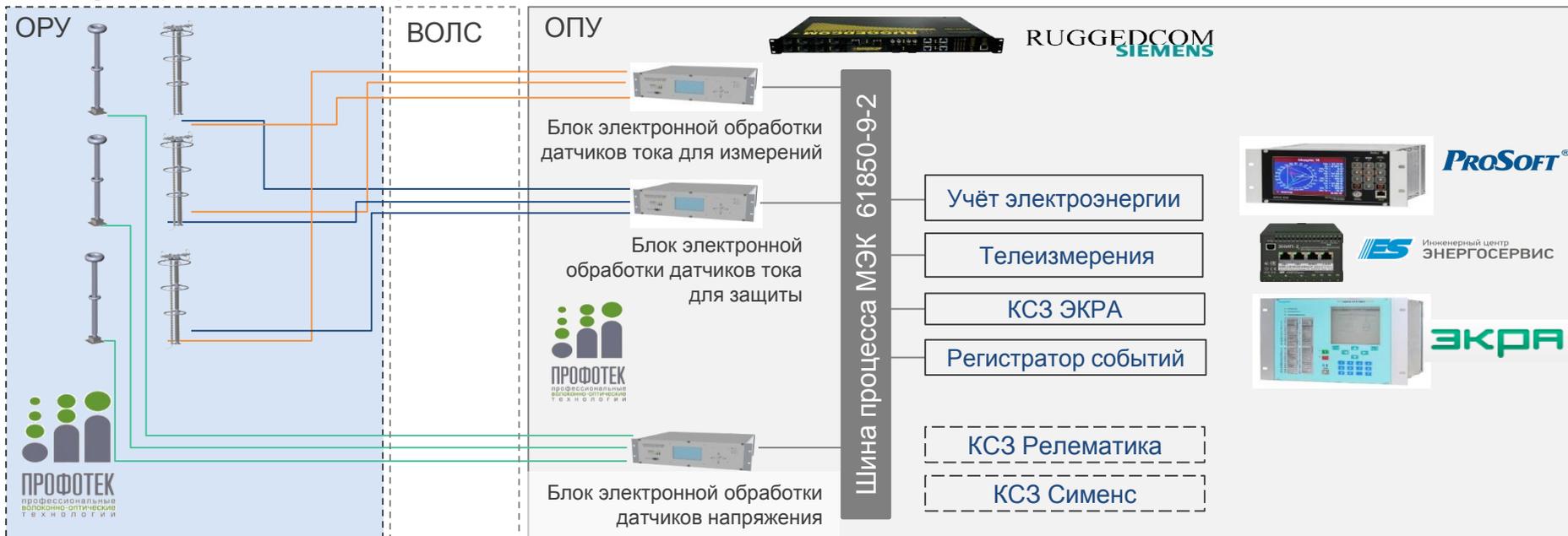
На ПС 500 кВ Тобол на ВЛ 500 кВ Тобол – ЗапСиб 1 и 2 используются дополнительно к традиционным ТТ и ТН:

- линейные оптические трансформаторы тока (АО «ПРОФОТЕК»);
- Линейные цифровые трансформаторы напряжения (АО «ПРОФОТЕК»);
- Устройства РЗА принимающие цифровые SV потоки.



ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ИННОВАЦИОННОГО КОНТУРА ПС 500 КВ ТОБОЛ

5



Устройства принимающие SV потоки с оптических ТТ и Электронных ТН:

- комплекты ступенчатых защит (КСЗ) НПП Экра и SIEMENS с работой на сигнал в рамках опытно-промышленной эксплуатации
- измерительные преобразователи Энергосервис
- СМГР Энергосервис

В ходе реализации данного проекта из-за отсутствия нормативной базы и опыта проектирования цифровых подстанций возникли следующие сложности:

- ❗ Стандартом МЭК 61850 не определены общие правила информационных коммуникаций между элементами ЦПС.
- ❗ Не определены нормативно, а в проекте соответственно не проработаны настройки ЛВС в части параметров SV, MMS, GOOSE потоков.
- ❗ Из за отсутствия опыта проектирования в проекте не полностью проработан вопрос организации синхронизации времени между элементами ЦПС.
- ❗ В проекте не прорабатывался вопрос метрологического обеспечения ЦПС.



Для анализа работы инновационной части ПС 500 кВ Тобол и дальнейшего внедрения инновационных технических решений:

ПАО «ФСК ЕЭС» организована опытно-промышленная эксплуатация до 01.10.2020 г.

Совместно с АО «СО ЕЭС» создана рабочая группа по ПС 500 кВ Тобол

Федеральная сетевая компания Единой энергетической системы

РАСПОРЯЖЕНИЕ

07.08.2018 Москва № 357р

Об организации опытно-промышленной эксплуатации инновационного оборудования ПС 500 кВ Тобол

В соответствии с приказом ПАО «ФСК ЕЭС» от 18.12.2017 № 525, протоколом Технического совета ПАО «ФСК ЕЭС» от 22.09.2015 № 4 на ПС 500 кВ Тобол филиала ПАО «ФСК ЕЭС» - МЭС Западной Сибири (далее - Объект) установлено инновационное оборудование (приложение 1 к настоящему распоряжению) для проведения опытно-промышленной эксплуатации элементов технологии «Цифровая подстанция».

В целях организации внедрения и анализа работы инновационного оборудования и получения обслуживающим персоналом навыков практической эксплуатации на Объекте:

1. Для организации контроля за прохождением и анализом результатов опытно-промышленной эксплуатации инновационного оборудования создать координационную комиссию в составе согласно приложению 2 к настоящему распоряжению.
2. Первому заместителю Генерального директора - главному инженеру филиала ПАО «ФСК ЕЭС» - МЭС Западной Сибири Кошневскому В.В.:
 - 2.1. Организовать разработку и утверждение программы опытно-промышленной эксплуатации инновационного оборудования.
Срок: 17.09.2018.
 - 2.2. Обеспечить организацию и проведение опытно-промышленной эксплуатации в соответствии с Регламентом опытно-промышленной эксплуатации нового оборудования и технологий на объектах электросетевого хозяйства, принадлежащих на праве собственности или ином законом основании ОАО «ФСК ЕЭС», утвержденным приказом ОАО «ФСК ЕЭС» от 14.04.2006 № 96.
Срок: продолжительность 2 года с 01.10.2018 (начало опытно-промышленной эксплуатации).
 - 2.3. Обеспечить в период опытно-промышленной эксплуатации инновационного оборудования на Объекте его оперативное и техническое обслуживание.
 - 2.4. Обеспечить составление отчета по проведению опытно-промышленной эксплуатации и направление в координационную комиссию.

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель
Председателя Правления –
главный инженер
ПАО «ФСК ЕЭС»

Д.А. Воденников

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель
Председателя Правления
АО «СО ЕЭС»

С.А. Павлушко

ПРОТОКОЛ
заочного совещания ПАО «ФСК ЕЭС» и АО «СО ЕЭС» по вопросу
создания рабочей группы по ПС 500 кВ Тобол
г. Москва

Участники совещания:
От ПАО «ФСК ЕЭС»:
Измайлов Р.К. – Заместитель главного инженера – главный диспетчер;
Саленов А.В. – Начальник Департамента релейной защиты, метрологии и автоматизированных систем управления технологическими процессами.

От АО «СО ЕЭС»:
Говорун М.Н. – Директор по управлению режимами ЕЭС – главный диспетчер;
Воробьев В.С. – Начальник службы релейной защиты и автоматики.

Отметили:
1. Необходимость создания рабочей группы по анализу работы находящихся в опытной эксплуатации измерительных трансформаторов тока, напряжения и устройств РЗА на ПС 500 кВ Тобол, использующих для обмена информацией стандарт МЭК61850-9.2 (далее – Рабочая группа).

Решили:
1. Создать Рабочую группу в составе согласно приложению к настоящему протоколу.
2. Определить Рабочей группе следующие основные задачи:
2.1. Разработка мероприятий по организации мониторинга электронных измерительных трансформаторов тока и напряжения с

- ❑ Разработка мероприятий по организации мониторинга электронных измерительных трансформаторов тока и напряжения с устройствами РЗА и, при необходимости, разработка технических решений и рекомендаций по реализации обмена информацией между устройствами РЗА и электронными измерительными трансформаторами тока и напряжения в соответствии со стандартом МЭК 61850-9.2.
- ❑ Оформление отчета по результатам мониторинга, содержащего, в том числе, анализ работы комплекса, состоящего из электронных измерительных трансформаторов тока, напряжения и устройств РЗА на ПС 500 кВ Тобол в нормальном режиме, при коротких замыканиях и при производстве переключений.
- ❑ Формирование рекомендаций о промышленном применении электронных измерительных трансформаторов тока и напряжения.



В статичном режиме работы энергосистемы в КСЗ от оптических трансформаторов тока и электронных ТН (ТТОЭ, ДНЕЭ) поступает стабильная и точная информация о первичных токах и напряжениях, которая совпадает с информацией от традиционных ТТ и ТН.

При внешних коротких замыканиях или при производстве коммутаций первичного оборудования зачастую наблюдается искажение формы синусоиды токов или напряжений

 На основании анализа работы цифровой системы ПС 500 кВ Тобол на сегодняшний день пока невозможно сделать вывод о получении устройствами РЗА стабильно надёжной и достоверной информации от ТТОЭ и ДНЕЭ .

Тестирование и отладка работы ТТОЭ и ДНЕЭ и другого оборудования шины процесса в «полевых» условиях в рамках работы рабочей группы дает возможность довести данное оборудование до готовности к массовому внедрению при получении положительных результатов.



ПАО «ФСК ЕЭС» готовит ряд СТО в которых будет учтён опыт проектирования, внедрения и опытной эксплуатации инновационных решений ПС 500 кВ Тобол:

Серия СТО ПАО «ФСК ЕЭС» **Корпоративные технические решения по типовым шкафам**

СТО ПАО «ФСК ЕЭС» **Корпоративный профиль МЭК 61850**

СТО ПАО «ФСК ЕЭС» **Общие требования к метрологическому контролю измерительных каналов ЦПС**

СТО ПАО «ФСК ЕЭС» **Методические указания по проектированию ЦПС**

СТО ПАО «ФСК ЕЭС» **Руководящие указания по эксплуатации оборудования ЦПС**

СТО ПАО «ФСК ЕЭС» **Типовые технические требования к организации и производительности технологических ЛВС в АСУ ТП ПС ЕНЭС**



1. Для отказа от электромагнитных ТТ и ТН необходимо реализовать несколько проектов с оптическими ТТ и электронными ТН для наработки опыта и совершенствования требований к ним.
2. Необходимо разработать и внедрить правила эксплуатации оптических ТТ и электронных ТН при этом они должны отражать весь жизненный цикл ПС: наладка, ТО, послеаварийные проверки.
3. Результаты опытно-промышленной эксплуатации инновационного оборудования должны учитываться при разработке новых и корректировке существующих нормативных документов.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Трансформаторы тока электронные оптические (ТТОЭ) выполнены с тремя электронно-оптических блоками (ЭОБ):

- измерительный (SV256) – для подключения устройств: система мониторинга переходных режимов (СМПР), АСУТП и счетчиков через ЦАПТ;
- защитный (SV80) – для подключение регистратора аварийных событий (РАС), комплекта ступенчатых защит (КСЗ) типа ШЭ2710 521_028 (действие на отключение первичного оборудования от данных устройств не предусмотрено);
- резервный защитный (SV80) - резерв.

Делители напряжения емкостные электронные ДНЕЭ выполнены резервированными (два независимых выносных модуля, каждый из которых работает со своим электронно-оптическим блоком), первый модуль используется для подключения устройств: СМПР, АСУТП, РАС, КСЗ; второй модуль в резерве.



Для анализа работы шины процесса по МЭК IEC 61850-9.-2 (сбор аналоговых измерений (SV) от ТТЭО и ДНЕЭ) дополнительно установлено следующее оборудование:

1. ТТЭО (тип ТТЭО-Ш500-3-100(300)-0,2s-5ТРЕ65-УХЛ1-Т-АМ-В) и ДНЕЭ (тип ДНЕЭ-500-3-0,2-3Р-УХЛ1-Т-АМ-В-Р) производства АО «Профотек»
2. Шкаф коммутаторов №3 шины процесса. (ООО «Сименс»).
3. Шкаф измерителей СМПР, (ЭНИП-2-0-24-А1Е4-13, производитель ООО «ИЦ Энергосервис»)
4. Шкаф измерительных преобразователей ESM-SV-220-A2E2-02A и оптических ENMU (margining unit производитель ООО «ИЦ Энергосервис», поставка и наладка ООО «Сименс»),
5. Терминалы КСЗ 1.ВЛ 500 кВ Тобол – ЗапСиб 1 и ВЛ 500 кВ Тобол – ЗапСиб 2 цепь (ООО «НПП ЭКРА», ШЭ2710 521_400)
6. терминал РАС (ООО «НПП ЭКРА», БЭ2704v900).



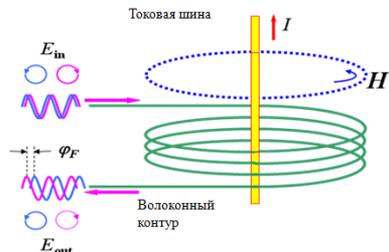
ОПТИЧЕСКИЙ ТРАНСФОРМАТОР ТОКА (инновационный)



| Основные технические параметры | |
|--|--------|
| Изолирующая среда | воздух |
| Масса трансформатора, не более, кг | 390 |
| Готовность к применению на «цифровой подстанции» | да |

| |
|--------------------------------------|
| Высокая пожаро- и взрывобезопасность |
| Отсутствие насыщения при КЗ |
| Высокая безопасность эксплуатации |

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ



При наличии в проводнике электрического тока оптическое волокно оказывается в магнитном поле протекающего тока. При этом оптические свойства волокна изменяются, и скорость распространения световых волн по контуру становится разной, между волнами на выходе из контура возникает относительный фазовый сдвиг.

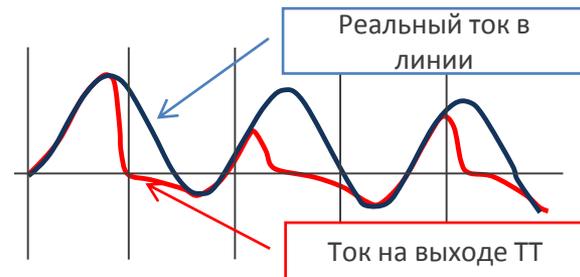


ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР ТОКА (традиционный)



| Основные технические параметры | |
|--|--|
| Изолирующая среда | Элегаз |
| Масса трансформатора, не более, кг | 900 |
| Готовность к применению на «цифровой подстанции» | Нет (требуется доустановка дополнительного оборудования) |

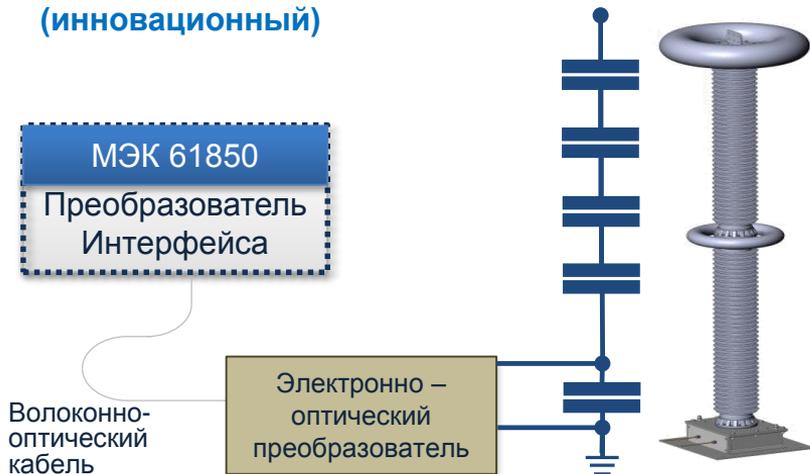
ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ



Первичная и вторичная обмотка трансформатора тока связаны через железный магнитопровод. Ток во вторичной цепи пропорционален первичному. Сопротивление нагрузки оказывает сильное влияние на точность. Наличие железного магнитопровода приводит к насыщению трансформатора.



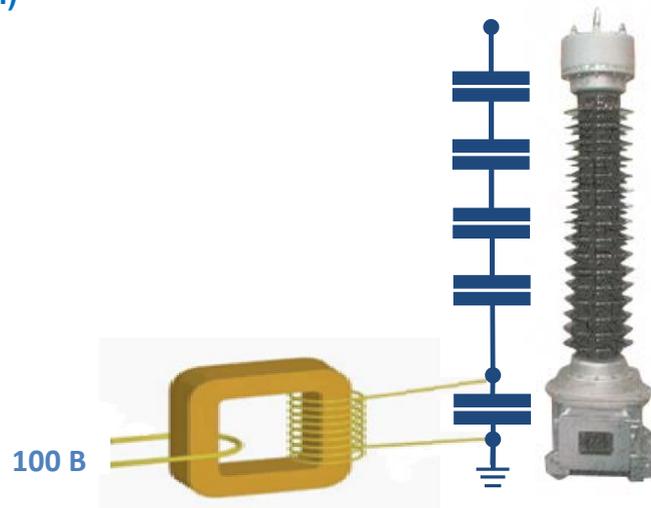
ОПТО- ЭЛЕКТРОННЫЙ ТРАНСФОРМАТОР НАПЯЖЕНИЯ (инновационный)



ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

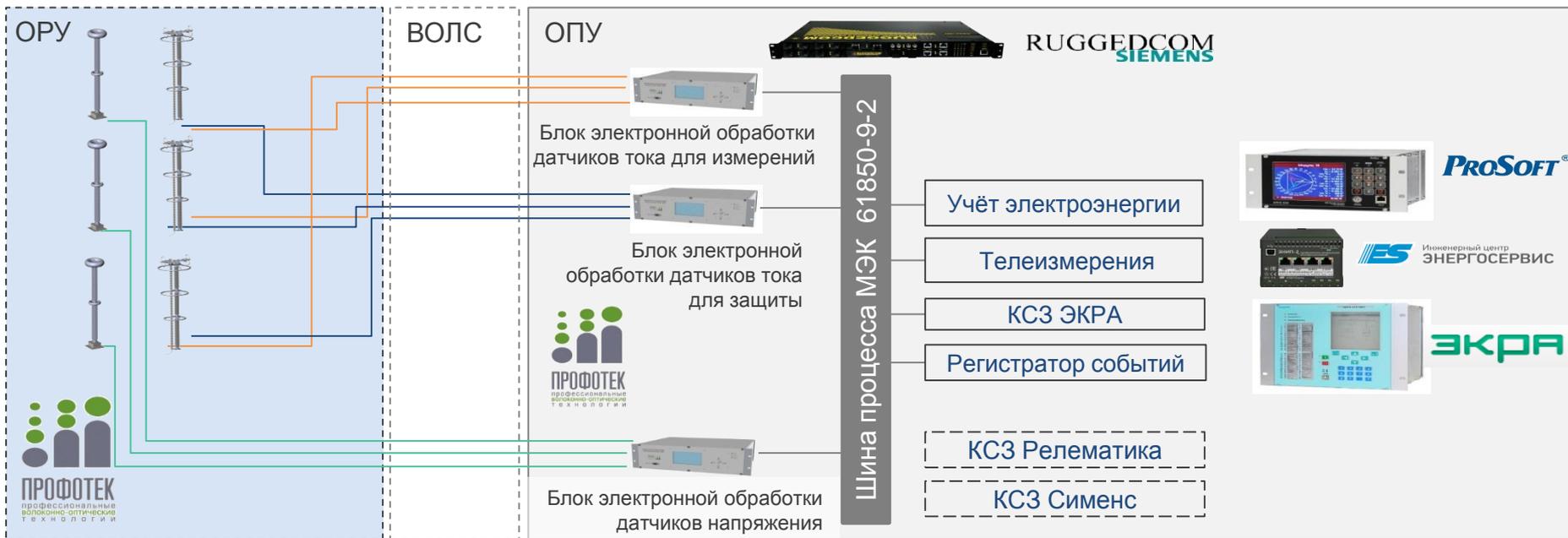
Измерение напряжения осуществляется емкостным делителем с использованием электронно-оптического преобразователя. Измерительный сигнал снимается с нижней секции емкостного делителя, и, учитывая малую нагрузку электронно-оптического преобразователя и отсутствие феррорезонансного блока, достигается высокая точность измерения по сравнению со стандартным емкостным трансформатором напряжения.

ТРАНСФОРМАТОР НАПЯЖЕНИЯ ЕМКОСТНОЙ (традиционный)

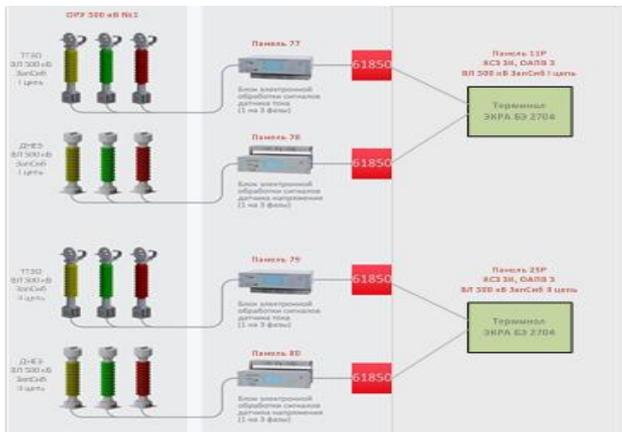


ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

Измерение напряжения осуществляется емкостным делителем. Измеренный сигнал передается на электромагнитный блок для выравнивания коэффициента трансформации и выдается в стандартном номинальном вторичном напряжении (100 В). На измеренное значение сильное влияние оказывает нагрузка.



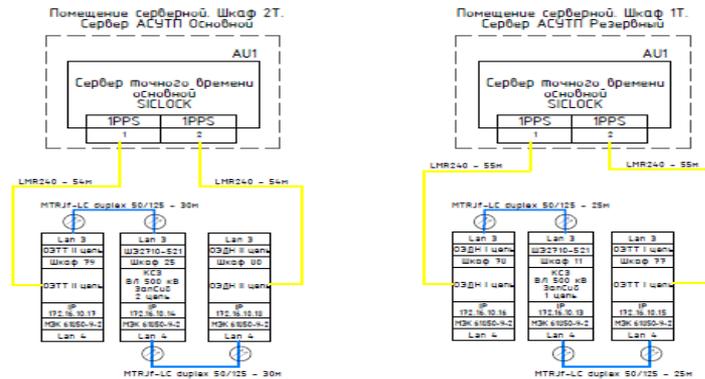
- 1) В работе комплекты ступенчатых защит (КСЗ) с работой на сигнал в рамках ОПЭ.
- 2) Учет электроэнергии по протоколу МЭК 61850-9.2 (в режиме опытной эксплуатации).



Существующая схема подключения КСЗ к ОЭТТ и ДНЕЭ



Внешний вид шкафа коммутаторов для шины процесса IEC 61850-9-2



Существующая схема подключения КСЗ к ОЭТТ и ДНЕЭ