

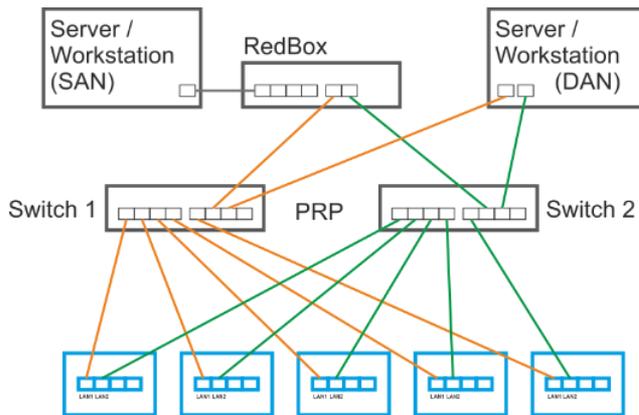
МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ИЭУ ДЛЯ ЦИФРОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ И ЦИФРОВЫХ СЕТЕЙ

**А. Мокеев, Д. Ульянов, В. Бovyкин
ООО «Инженерный центр «Энергосервис»,
Северный (Арктический) федеральный университет**

**II Международная конференция-выставка «Цифровая подстанция. Стандарт IEC 61850.
Цифровизация электрических сетей»**

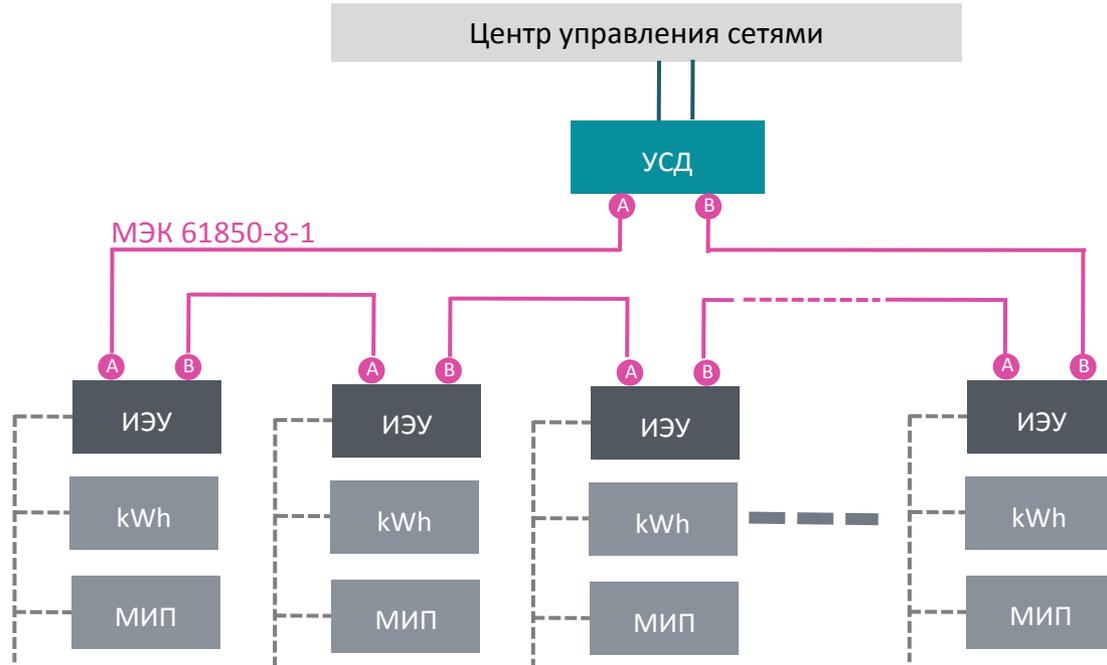
Москва, 2-4 июля 2019 г.

Распределительные устройства ВН



Применения **ИЭУ с 2 портами Ethernet** и поддержкой протокола резервирования PRP

Распределительные устройства СН

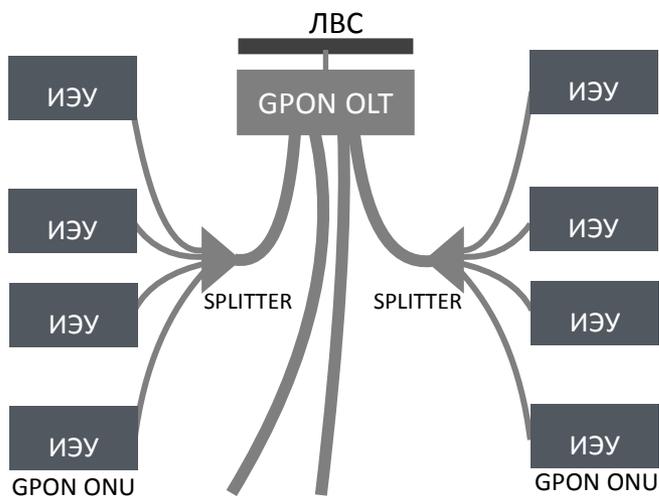


Применения **ИЭУ с 2 портами Ethernet** и **встроенными сетевыми коммутаторами**.

Не требуется использование внешних сетевых коммутаторов, создание на подстанции *простой локальной сети с кольцевой топологией* (протокол резервирования RSTP) и поддержка протоколов цифровой подстанции согласно МЭК 61850-8-1.

Организация прозрачных каналов через ИЭУ для счетчиков и других устройств.

РУ СН. Альтернативный вариант





телеизмерения

телесигнализация и телеуправление

щитовой измерительный прибор

техн. учет электроэнергии

мониторинг ПКЭ

Расширение функциональных возможностей ЭНИП-2

- сервер асинхронных портов (РЗА, учет ЭЭ),
- программируемая логика и горизонтальные связи с другими ИЭУ (оперативные блокировки, АВР и т.д.),
- модули дискретного ввода/вывода ЭНМВ-1,
- модули ввода-вывода ЭНМВ-1 с датчиков температуры, влажности, охранных систем и т.д.
- модули индикации ЭНМИ.

ИНТЕРФЕЙСЫ И ПРОТОКОЛЫ: USB, 3 x RS-485, 2 x LAN (100Base-T/FX)

IEC 61850-8-1 (MMS, GOOSE)

IEC 60870-5-101/104, Modbus RTU/TCP

PRP, RSTP

SNMP, Sntp, NETBIOS, WEB, RS485 to TCP (raw)



IEC 61850 Certificate Level A¹

No. 74108408-OPE/INC 15-1915

Issued to:

Engineering Centre "Energoservice", LLC
26 Kotlasskaya
163046 Arkhangelsk
Russia

For the server product:

ENIP-2 multifunctional power meter with
four IO modules ENMV-1
ENIP-2 Software version: 2.0.0.6
ENIP-2 Hardware version: 3.3

Сертифицирован на соответствие стандарту МЭК 61850 (уровень А) в НТЦ ФСК ЕЭС при участии DNV GL (Лаборатория КЕМА)

Устройств с МЭК 61850 – около 6000 шт.

The server product has not been shown to be non-conforming to:

IEC 61850 First Edition Parts 6, 7-1, 7-2, 7-3, 7-4 and 8-1

Communication networks and systems in substations

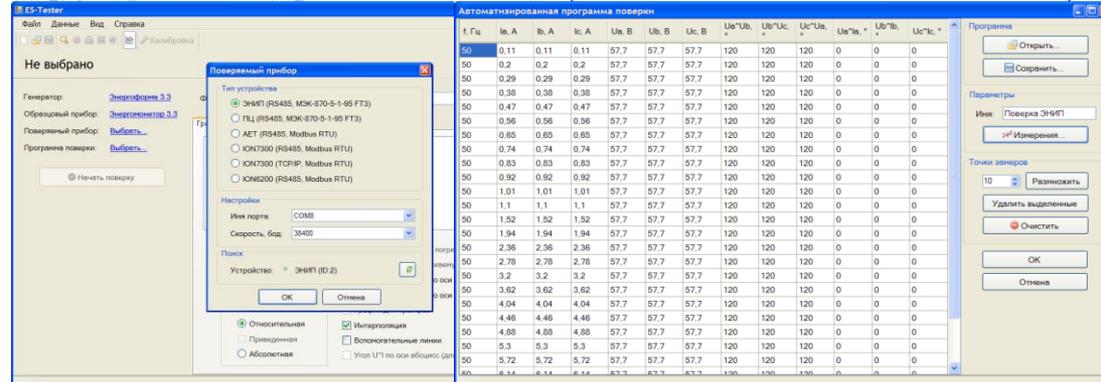
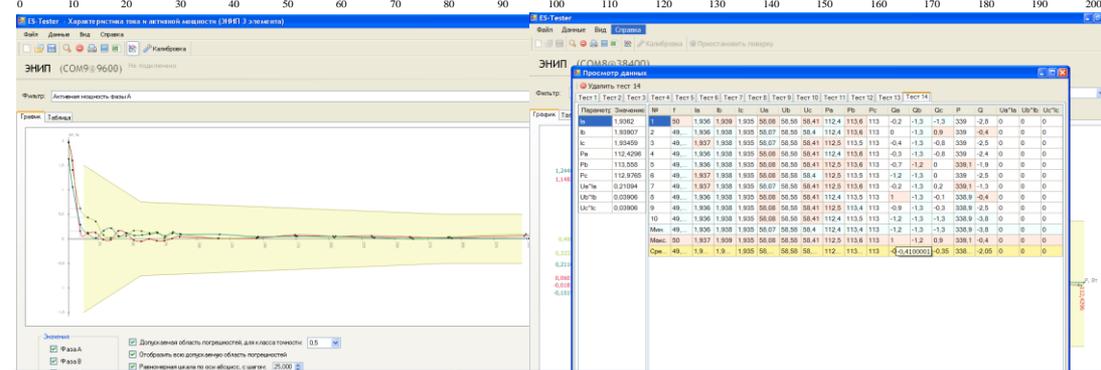
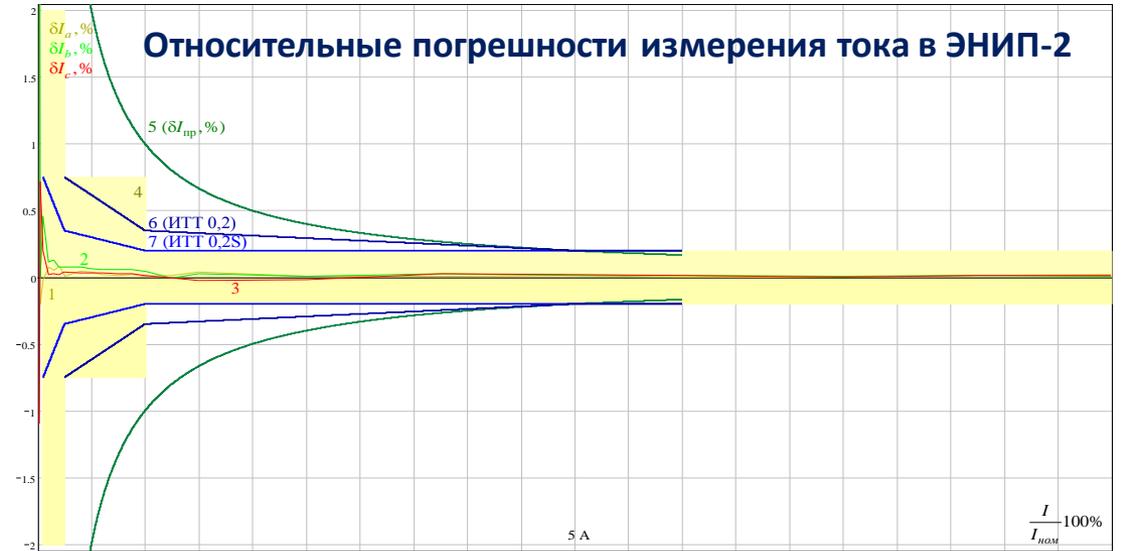
ПТК ES-TEST

Автоматизация поверки и испытаний ЭНИП-2 и других ИЭУ.

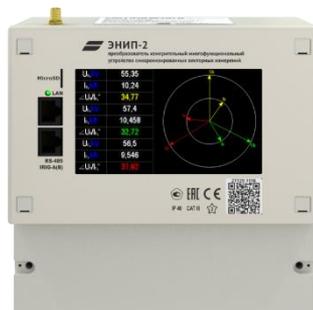
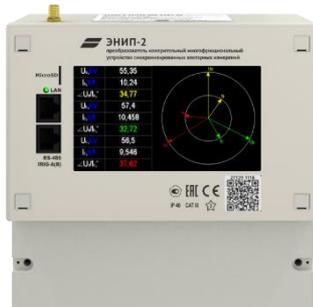
Используемое оборудование:

1. УППУ-МЭЗ.1,
2. Ресурс-К2М
3. PTS3.3С
4. РЕТОМ-51
5. Omicron 256plus

Поверка на подстанции
Энергомонитор 3.1KM



ЭНИП-2-УСВИ



ESM-HV



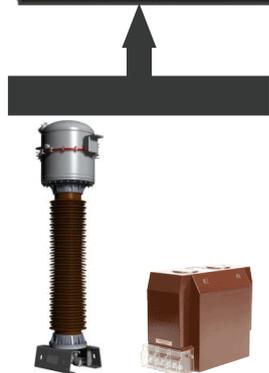
ESM-ET



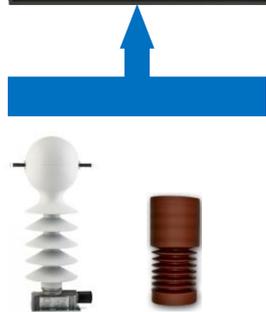
ESM-SV



ESM-SV



Традиционные
ИТТ, ИТН
(1/5А), (57/100 V)



Датчики тока и
напряжения
с низкоуровневыми
аналоговыми
сигналами



Традиционные
ИТТ, ИТН
и преобразователь
аналоговых сигналов (ПАС)



Цифровые
ИТТ, ИТН
МЭК 61850-9-2



ESM-HV
0,2S/0,5 или 0,5S/1
ПКЭ class A или S
МПИ 12 лет

МИП телемеханики

прибор измерения ПКЭ + регистратор

м/ф щитовой прибор

счетчик электрической энергии



ИНТЕРФЕЙСЫ И ПРОТОКОЛЫ (ВХОД):

ESM-SV: 3 x LAN 100Base-TX)

IEC 61850-9-2

ESM-SV
0,2S/0,5
ПКЭ class A
МПИ 16 лет

ИНТЕРФЕЙСЫ И ПРОТОКОЛЫ (ВЫХОД):

2(4) x LAN 100Base-TX), 2 x RS485, USB

IEC 61850-8-1

DLMS COSEM

IEC 60870-5-101/104, Modbus RTU/TCP



ESM-ET
0,5S/1
ПКЭ class S
МПИ 12 лет

Расширение функциональных возможностей:

подключение модуля дискретного ввода-вывода ЭНМВ-1,
программируемая логика

Модули индикации: ЭНМИ-5, ЭНМИ-7.



Лето'19

ПОВЕРКА, ИСПЫТАНИЯ

Многофункциональное измерительное ИЭУ ESM



Устройство синхронизированных векторных измерений ЭНИП-2-УСВИ



Преобразователь аналоговых сигналов ENMU



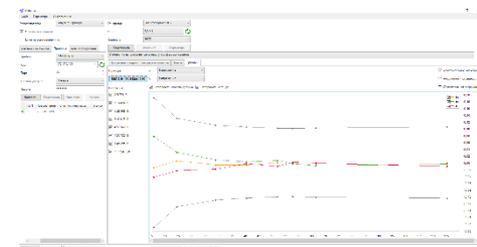
С аналоговым входом



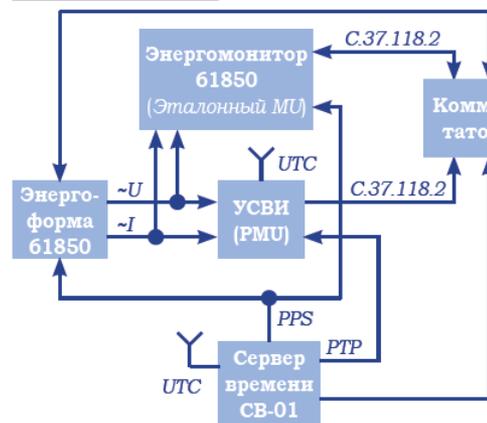
С цифровым входом



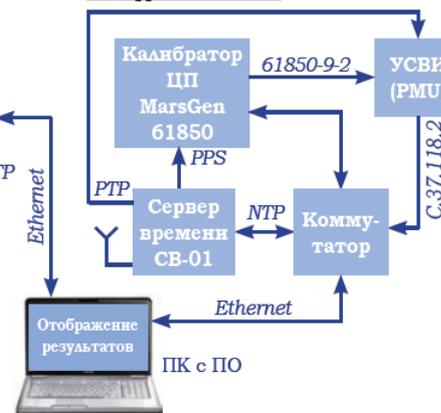
Разработано программное обеспечение «ESMTest», «MeterTest»



С аналоговым входом



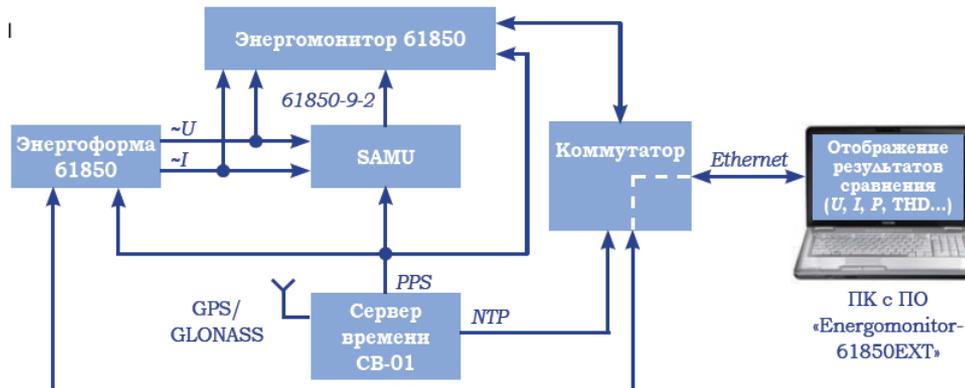
С цифровым входом



Разработано программное обеспечение «PMUTest»



1



ЭНКС-3м/ЭНКМ-3: устройства сбора данных

ЭНКС-2



- сбор данных (до 240 устройств)
- 8192 ТИ, 4096 ТС, 2048 ТУ
- ретрансляция
- программируемая логика/дорасчет
- TCP/RS485
- опрос по МЭК 61850 MMS
- публикация и подписка на GOOSE
- конвертер различных протоколов в IEC61850
- Организация каналов доступа для ТМ, АСКУЭ, РЗА

синхронизация времени

- GPS, ГЛОНАСС
- 2 x RS-232, 1 x RS-485, 2 x LAN (PRP)
- 1PPS, NMEA, IRIG-A/B, IEC 60870-5-101, SNTP, PTPv2, SNMP

ЦУС:
АСТУ / АСКУЭ / СМиККЭ



ЭНКС-2



ENMU



ESM-SV



SV256
(SV288)



**АСКУЭ
СМК
АСУ ТП**

SV80
(SV96)



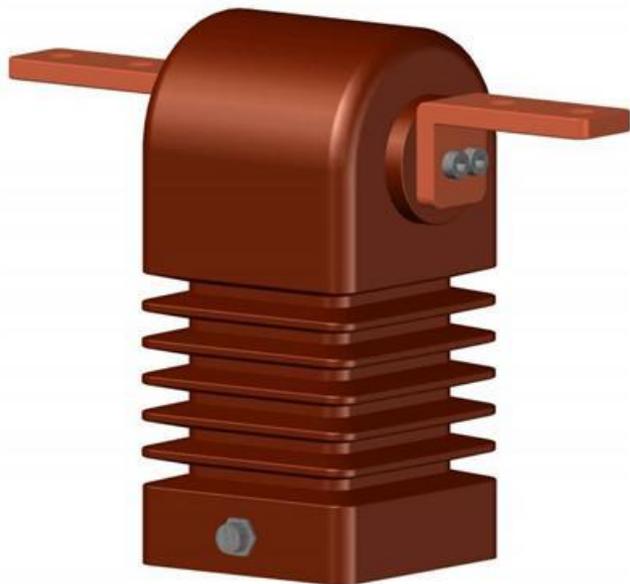
РЗА/РАС

TCP



**СМПР
(С37.118.2)
АСУ ТП**

Комбинированный датчик тока и напряжения 10 кВ ТЕСV.P1-10



Модификации ТЕСV.P1-10

- ~~активный~~,
- *пассивный* (в разработке),
- **цифровой**.

Измерение тока

- *трансформатор тока маломощный*
- *катушка Роговского*

Измерение напряжения

- *емкостной делитель напряжения*



Цифровой КДТН на основе ТЕСV.P1-10 со **встроенным преобразователем аналоговых сигналов (АМУ)**.

Поддержка МЭК 61850-9-2, 1(2) порта Ethernet.

Поддержка низкоуровневой шины процесса на базе сети FlexRay (2 резервируемых канала).

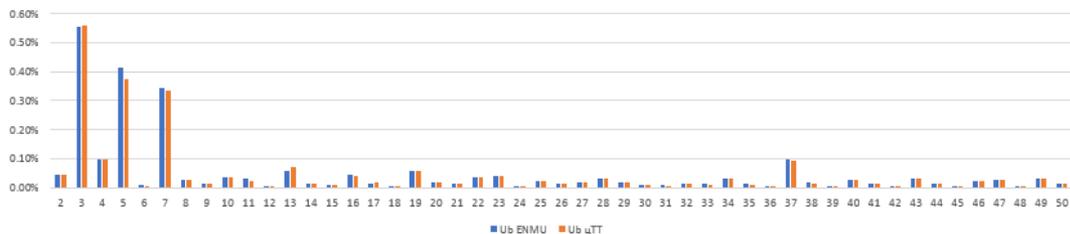
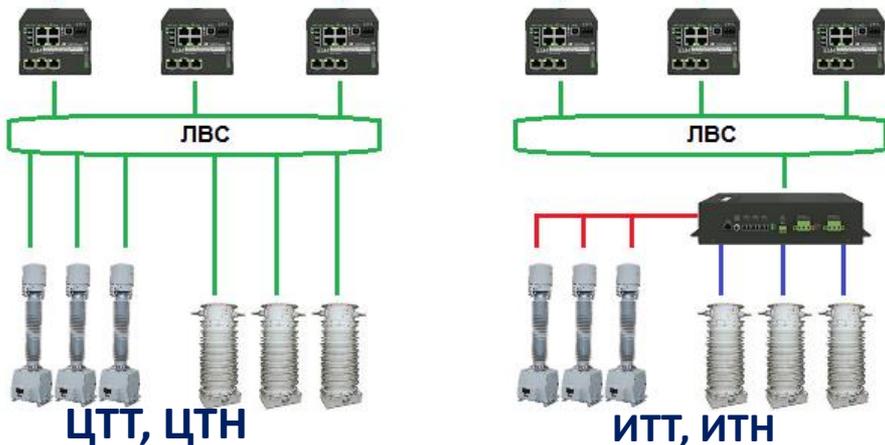
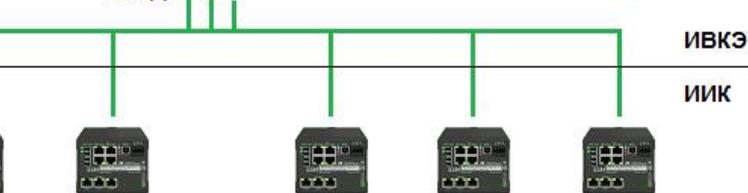
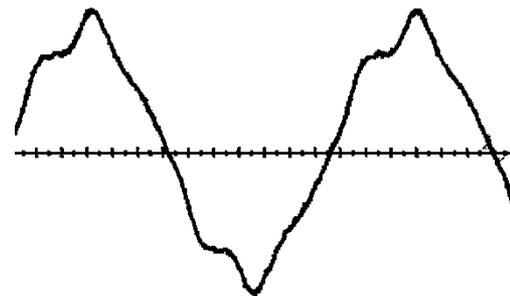
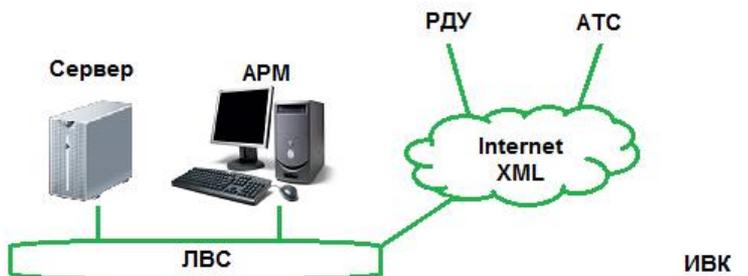
Оптимерик,
Altea,
КРВ Intra s.r.o.,
Электроцит-Ко

Первый в мире цифровой КДТН среднего напряжения

Продукция для цифровой подстанции с поддержкой шины процесса применяется в первых пилотных проектах в РФ, на опытных полигонах российских и зарубежных компаний для проверки совместимости устройств разных производителей.



ЦИФРОВАЯ ПОДСТАНЦИЯ: ВНЕДРЕНИЕ, ЦПС 110 КВ

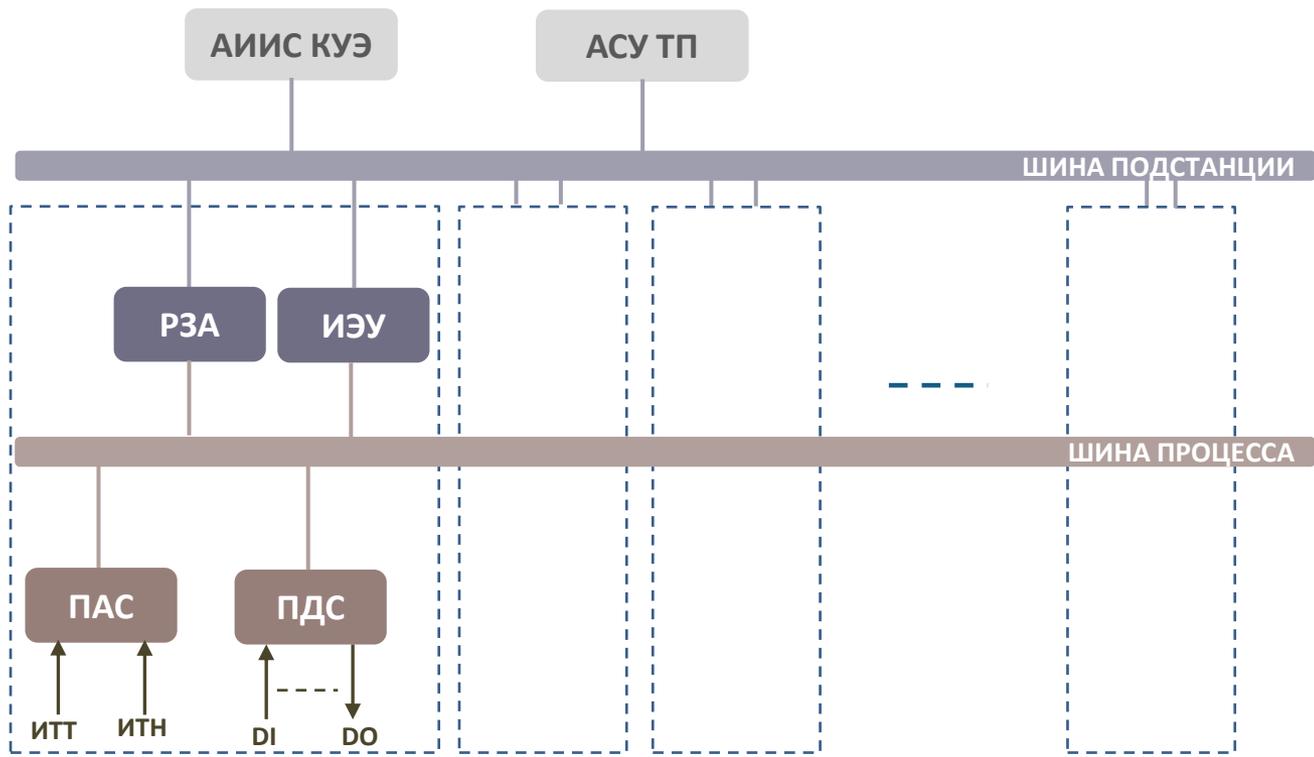


Измерение	1 канал (ТТ + SAMU)	2 канал (цТТ)	ΔX	$\delta X, \%$
Ia, A	558,74220	558,51860	-0,22369	-0,040
Ib, A	551,84370	551,36260	-0,48108	-0,087
Ic, A	550,45480	550,66880	0,21393	0,039
$\alpha_{Ia}, ^\circ$	28,572	28,887	0,315	
$\alpha_{Ib}, ^\circ$	-91,989	-91,683	0,305	
$\alpha_{Ic}, ^\circ$	148,913	149,228	0,315	

На каждом присоединении 2 набора оборудования:

элемент	наименование	ФИФ
ЦТТ	ТТЭО-110	63877-16
ЦТН	ДНЕЭ-110	64134-16
счетчик	ESM-SV	66884-17

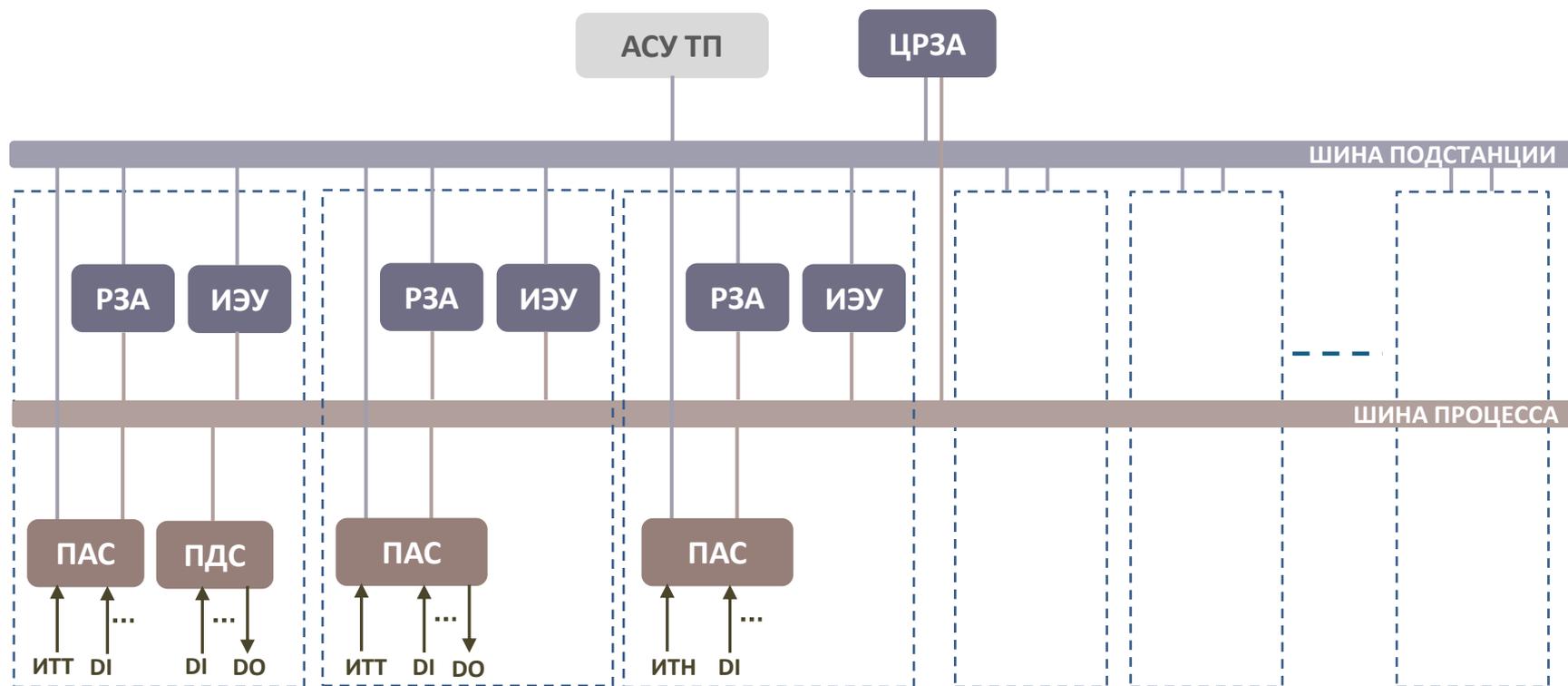
элемент	наименование	ФИФ
ИТТ	ТОГФ-110III	61432-15
ИТН	НКФ-110-06	37749-08
SAMU	ENMU	73811-19
счетчик	ESM-SV	66884-17



Типовая система коммуникаций согласно МЭК 61850.

Тенденции развития ПАС и ПДС

- расширение функциональных возможностей,
- преимущественно раздельное исполнение токовых ПАС и ПАС для подключения к ИТН.

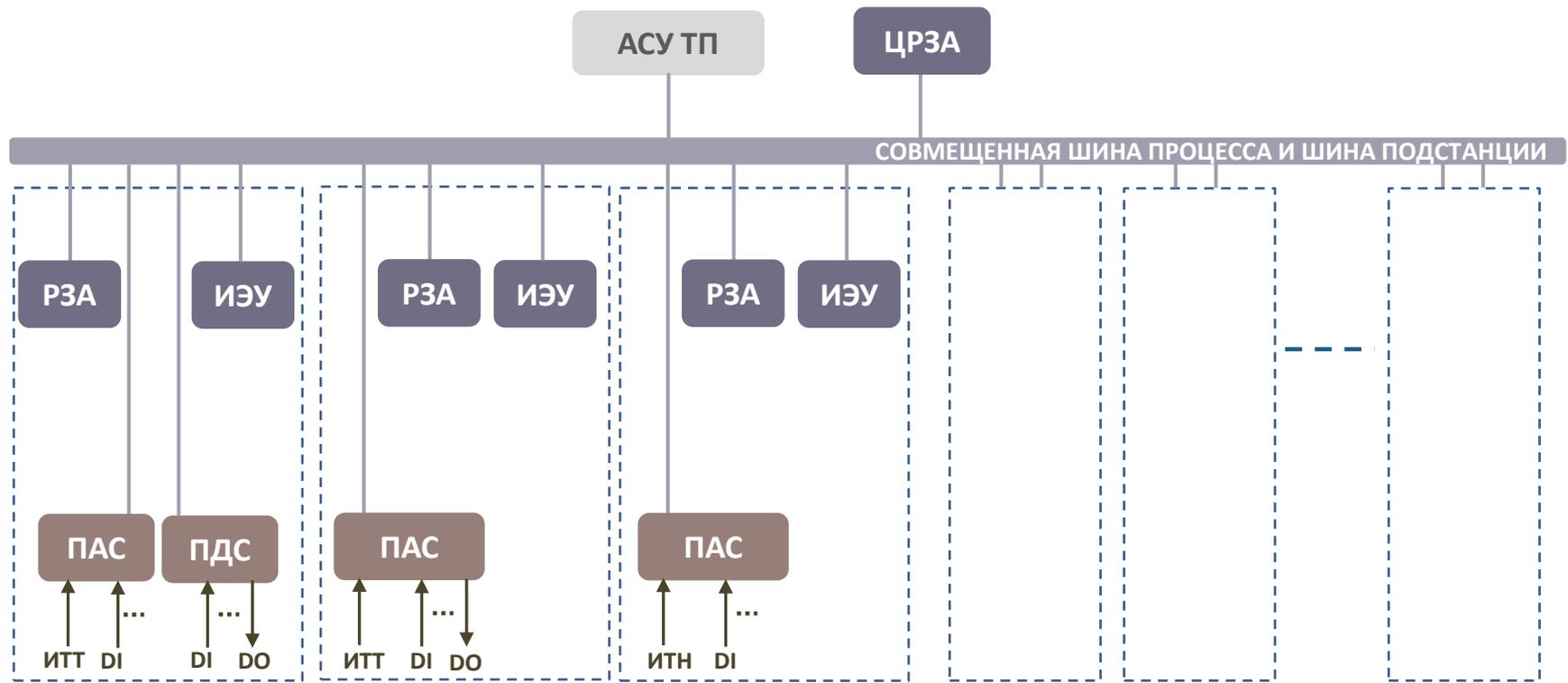


Преимущества сетей коммуникаций на базе МЭК 61850 - горизонтальные связи между ИЭУ.

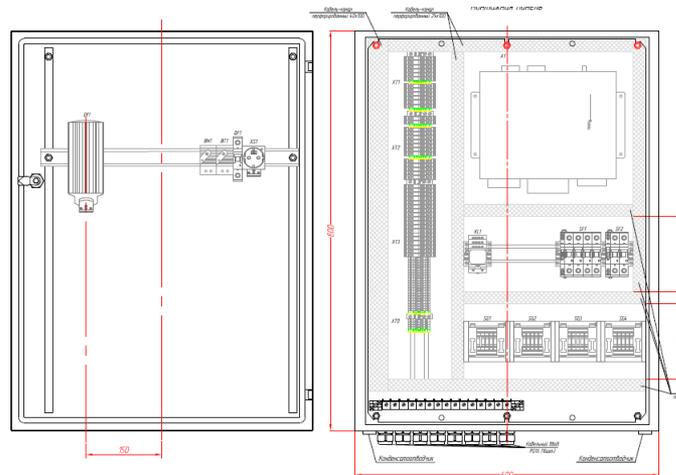
Синхронизированные векторные измерения

- обмен СВИ между УРЗА для повышения быстродействия и чувствительности
- упрощение реализации централизованных систем РЗА
- резервирование данных.

Реализация в ПАС резервных защит дает возможность реализовать 2-х или 3-х уровневую систему защиты на подстанции (ПАС – резервная защита, локальное устройство РЗА, централизованное устройство РЗА) и позволит эффективно обеспечить функции резервирования устройств защиты.



Совмещенная шина процесса и шина подстанции ($\geq 1\text{Gb}$)

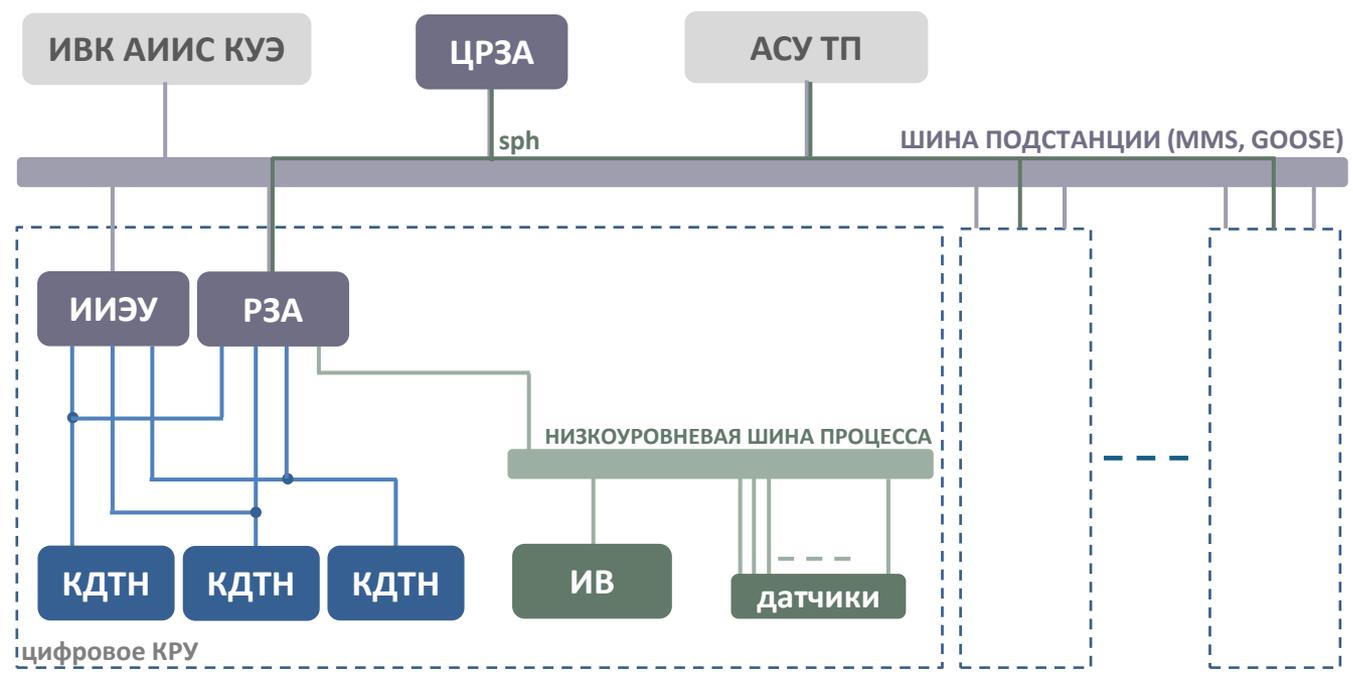


Интеллектуальный выключатель ВБ-35.

Мониторинг и диагностика выключателя

Внешние коммуникации: в соответствии с МЭК 61850-9-2 и МЭК 61850-8-1

Внутренние коммуникации для обмена данными с цифровыми датчиками и актуаторами



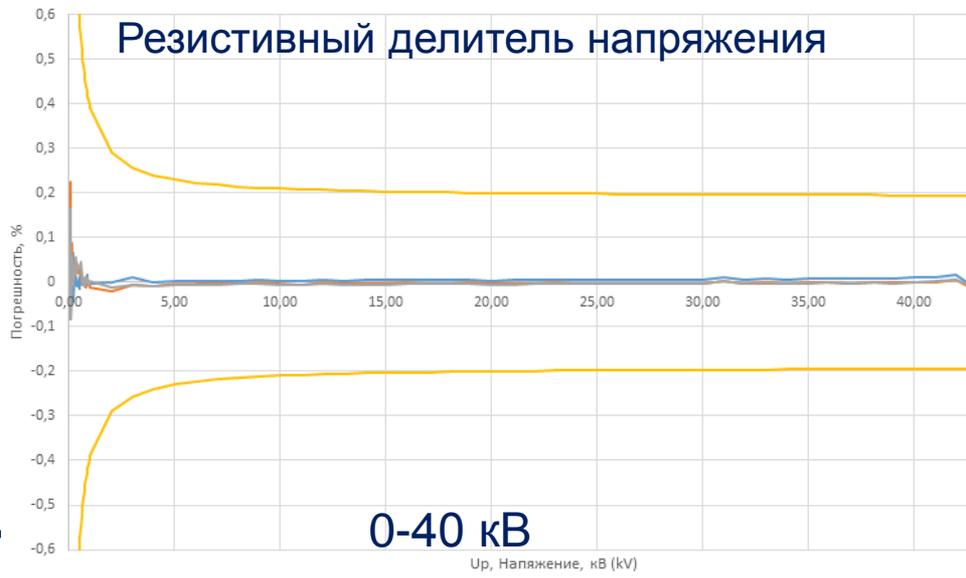
- + Уменьшение габаритов и стоимости РЗА
- Отсутствие диагностики КДТН.

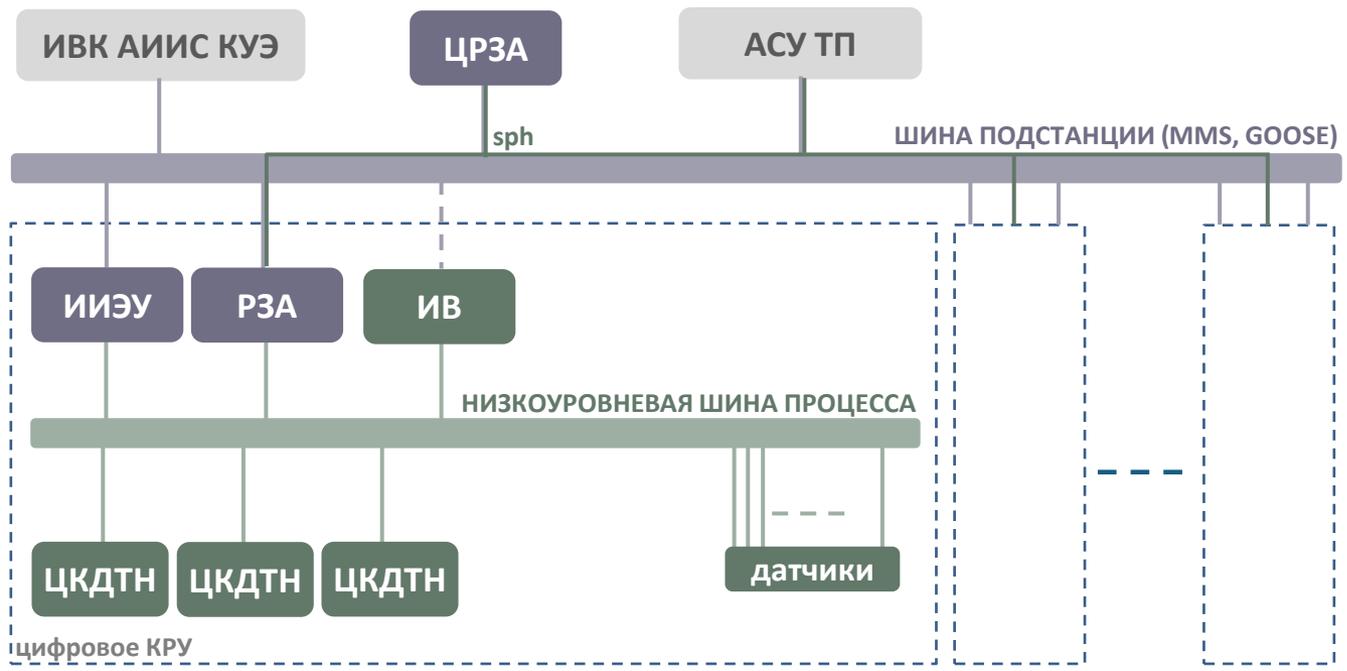
КДТН – комбинированный датчик тока и напряжения с низкоуровневыми аналоговыми сигналами
ИВ – интеллектуальный выключатель
ЦРЗА – централизованная система релейной защиты и автоматики
ИИЭУ – многофункциональное измерительное ИЭУ



ESM-ET

КРУ среднего напряжения





Эффективно как при использовании цифровых **комбинированных** датчиков тока и напряжения, так и отдельных датчиков тока и напряжения.

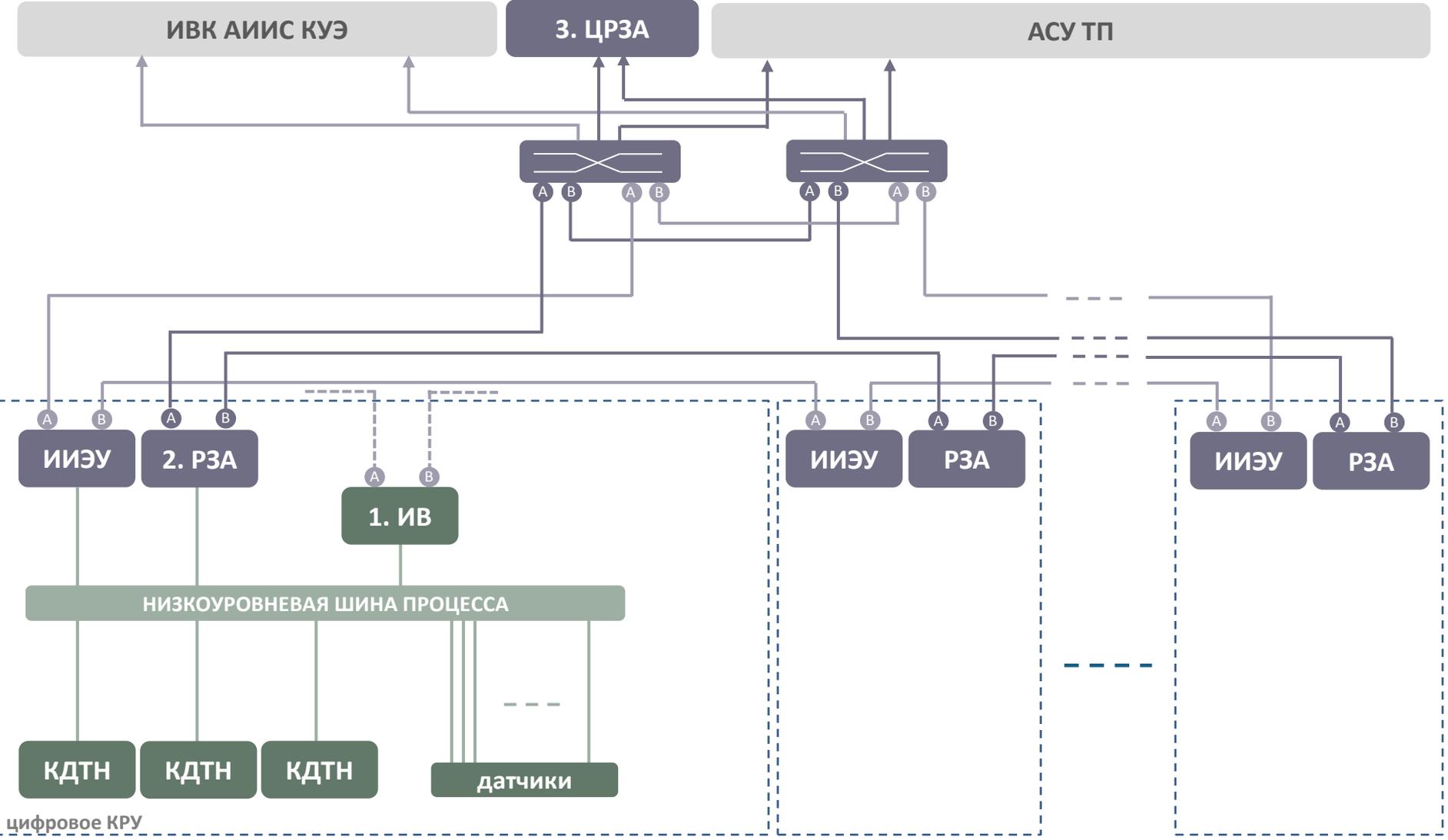
Низкоуровневая шина процесса объединяет все данные внутри КРУ.

Равный доступ всех ИЭУ к цифровым данным.

Внешняя шина процесса для всей подстанции (sv и GOOSE) – опционально.

ИВ – функции контроллера выключателя (управление, мониторинг и диагностика)

Дополнительно: УСВИ, МИП, РЗА



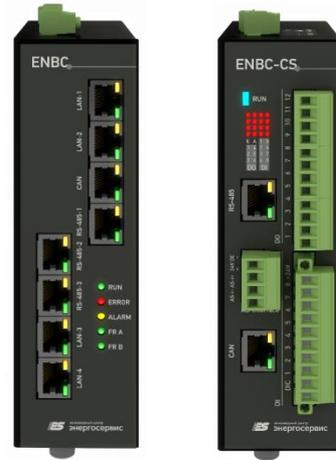
Трехуровневая система РЗА



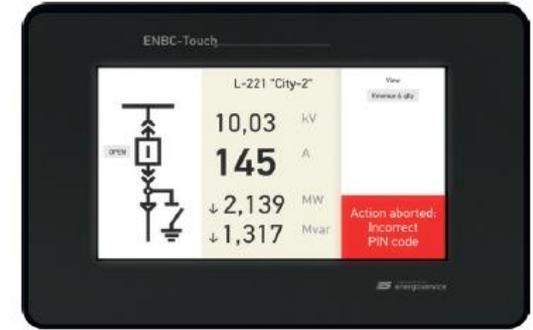
Цифровой комбинированный датчик тока и напряжения 10 кВ TECV.P1-10



Интеллектуальный выключатель VF12



Многофункциональное устройство ENBC



Модуль индикации



ESM: многофункциональное измерительное ИЭУ

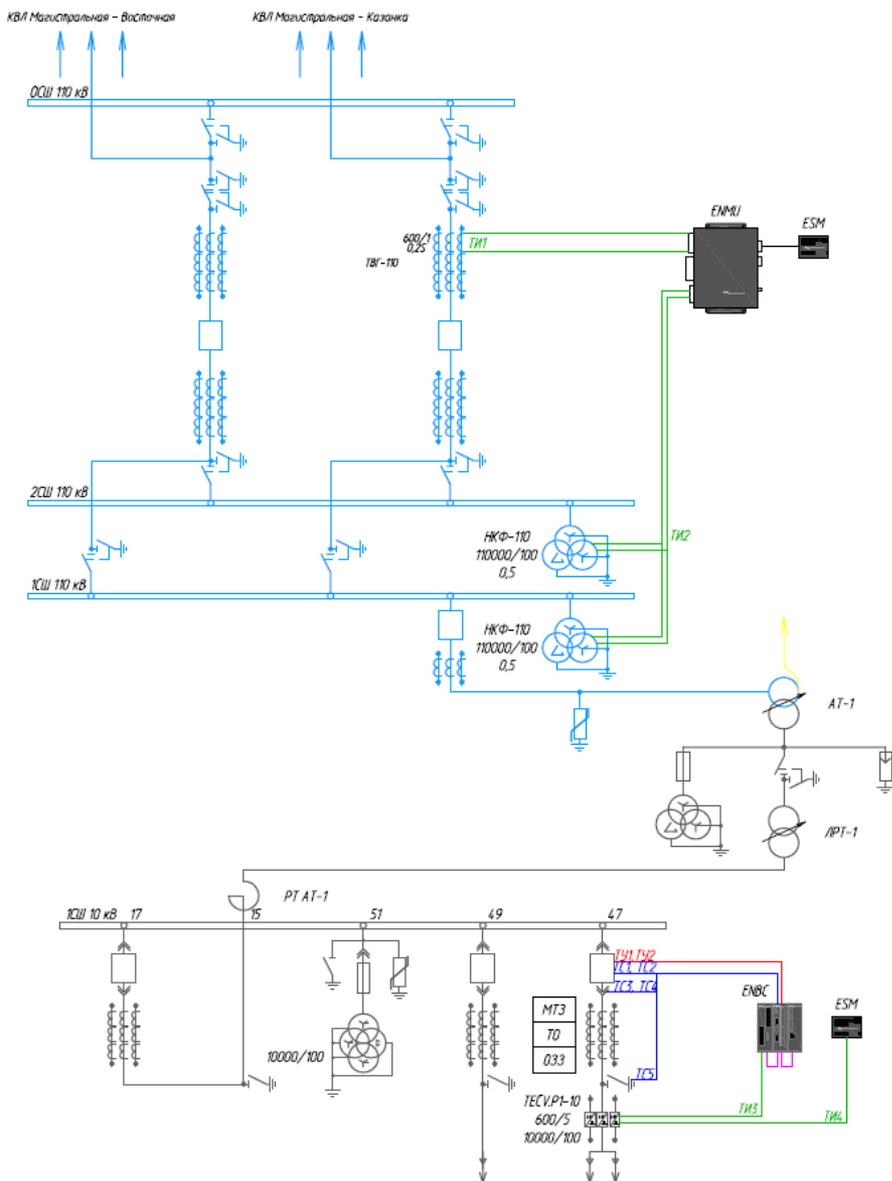




Разработаны *прототипы цифровых КРУ* с рядом ведущих КРУ-строительных заводов.

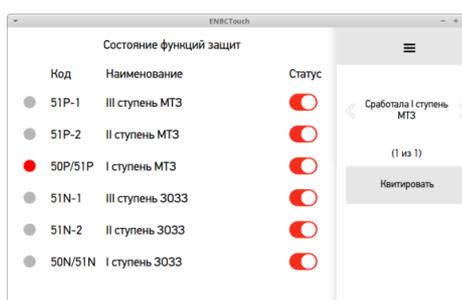
Два цифровых КРУ установлены на полигоне “Цифровая подстанция” Северного (Арктического) федерального университета.





В первой половине 2018 года завершены работы по ретрофиту КРУ 10 кВ на подстанции 110 кВ.

Используемое оборудование:
TECV.P1-10, ESM, ENBC, ENMU.



Тенденции УРЗА ведущих мировых производителей: наличие встроенного УСВИ.

МЭК 61850-90-5: : передача синхровекторов (R-SPH), GOOSE-сообщений (R-GOOSE) и выборочных значений тока и напряжения (R-SV).

Особенности и требования к УСВИ для реализации устройств РЗА

- повышения быстродействия и снижение требований по точности обработки сигналов (TVE=1;3;5;10 %);
- обеспечение правильной работы в условиях интенсивных электромагнитных и электромеханических переходных процессов;
- повышение темпа передачи синхровекторов (≥ 500).

Необходимо увеличивать количество тестовых испытаний, соответствующих сложным электромеханическим и электромагнитным переходным процессам.

ЭНКМ-3 – устройство сбора и передачи данных с функцией синхронизации времени

ЭНЛЗ – устройство фиксации коротких замыканий и однофазных замыканий на землю

ЭНМВ-1 – модуль ввода/вывода дискретных сигналов

ESM-ET – многофункциональное измерительное устройство
Однофазный электромагнитный детектор тока короткого замыкания (**ДТКЗ**)

Электромагнитный LPCT-датчик тока однофазного замыкания на землю (**LPCT**)

Катушка Роговского, однофазный индикатор тока (**ИДТ**)

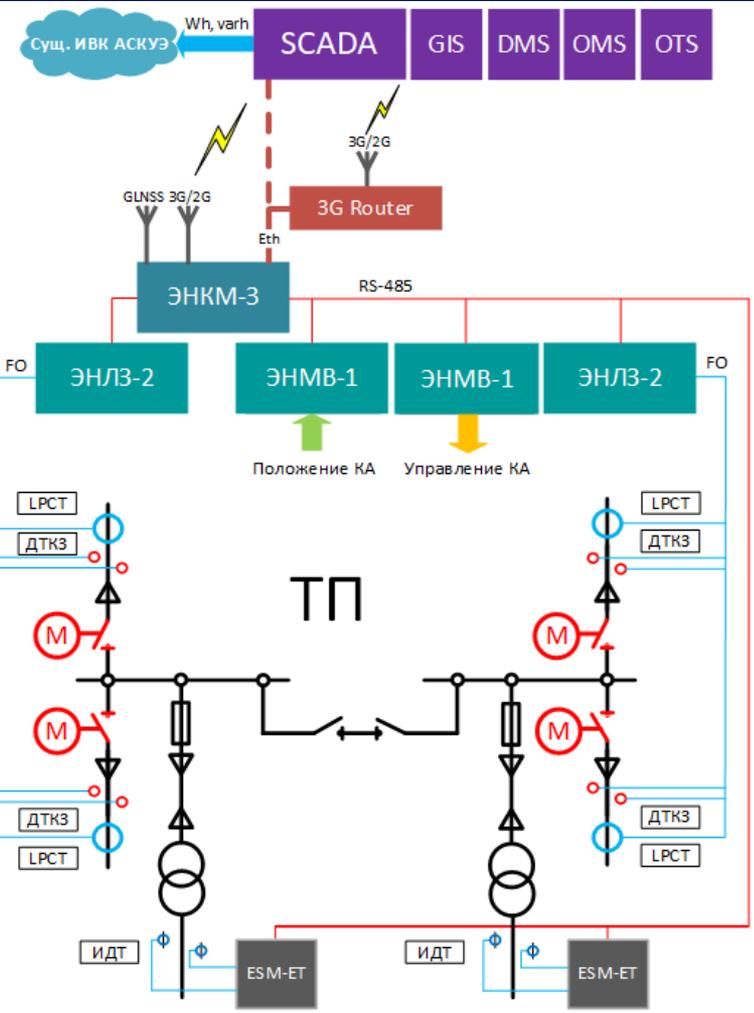
Универсальность

Не требуется разборка и демонтаж оборудования
Типовые решения для всех типов КРУ и КСО

Эффект от внедрения

Наблюдаемость сети
Возможность дистанционного отключения поврежденных участков сети и восстановления питания по всем потребителям
Объем измеряемой и вычисляемой информации:

АСТУ	ОЗЗ	ККЭ	АСКУЭ
$U_{\phi}, U_L, I_{\phi}, P, Q, S,$ $\cos\phi, tg\phi,$ состояние КА	$3I_0$	$U_0, U_1, U_2, K_U, K_{2U}$ $I_0, I_1, I_2, K_I, K_{2I}$ THD	$Wh, varh$



- Φ ИДТ - катушка Роговского, однофазный измерительный датчик тока
- \circ ДТКЗ - однофазный электромагнитный детектор тока короткого замыкания с оптическим выходом
- \bigcirc LPCT - электромагнитный LPCT-датчик тока однофазного замыкания на землю



Благодарю за внимание!

Мокеев Алексей Владимирович

профессор кафедры “Электроэнергетики и электротехники” САФУ, д.т.н.
зам. генерального директора ООО “Инженерный центр “Энергосервис”,

a.mokeev@ens.ru, a.mokeev@narfu.ru

<http://www.enip2.ru>