

Сочи, 30 мая – 01 июня

Международная научно-техническая конференция



РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА ЭНЕРГОСИСТЕМ – 2023

Автоматизация понизительных подстанций с использованием новых технологий

Ульянов Дмитрий Николаевич

Ульянов Д.Н., Плакидин Р.С., Хромцов Е.И., Андреев П.И., Мокеев А.В., Пискунов С.А.

ООО «Инженерный центр «Энергосервис», Северный (Арктический) федеральный университет,
Санкт-Петербургский политехнический университет

Россия



Направления автоматизации понизительных подстанций

Основные направления автоматизации:

- применение цифровых первичных измерительных преобразователей (датчиков) тока и напряжения,
- внедрение интеллектуальной коммутационной аппаратуры, цифровых датчиков положения, температуры, дуговой защиты,
- использование технологии промышленного интернета вещей IIoT,
- отказ от традиционных дискретных и аналоговых цепей.

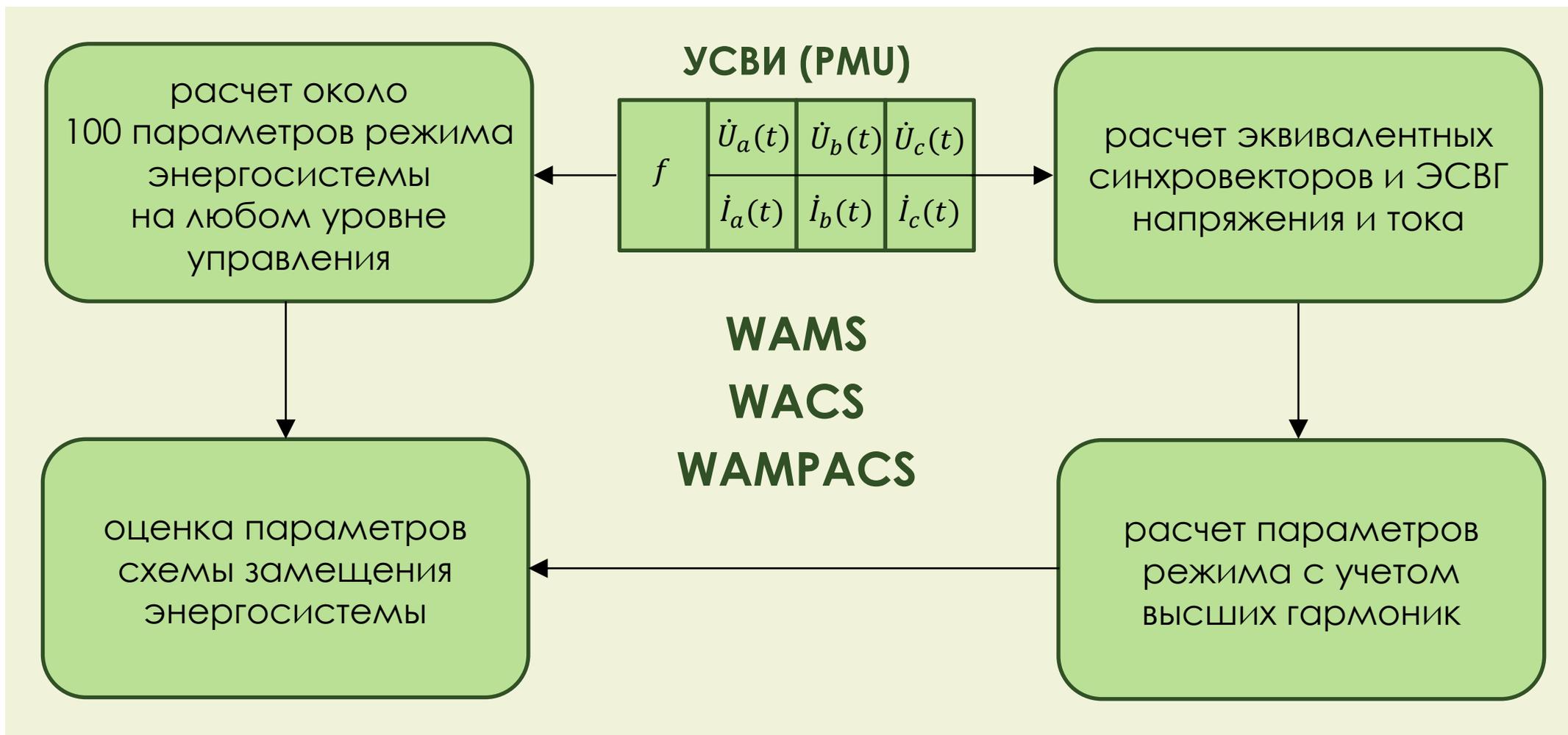
Существующие задачи для совершенствования систем автоматизации:

- разработка эффективных и доступных технических решений,
- повышение надежности работы систем,
- применение современных технологий и устройств.

Одним из перспективных решений является применение технологии **синхронизированных векторных измерений (СВИ)**.

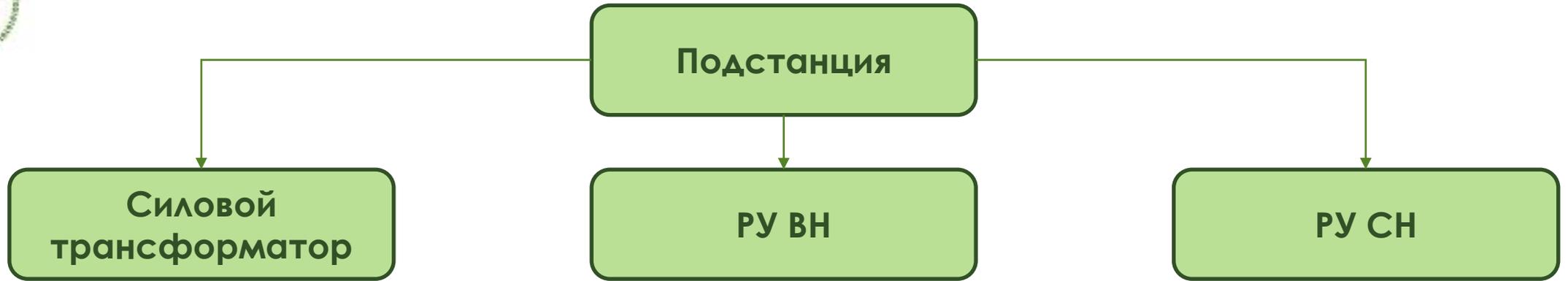


Применение СВИ





Объекты автоматизации подстанции



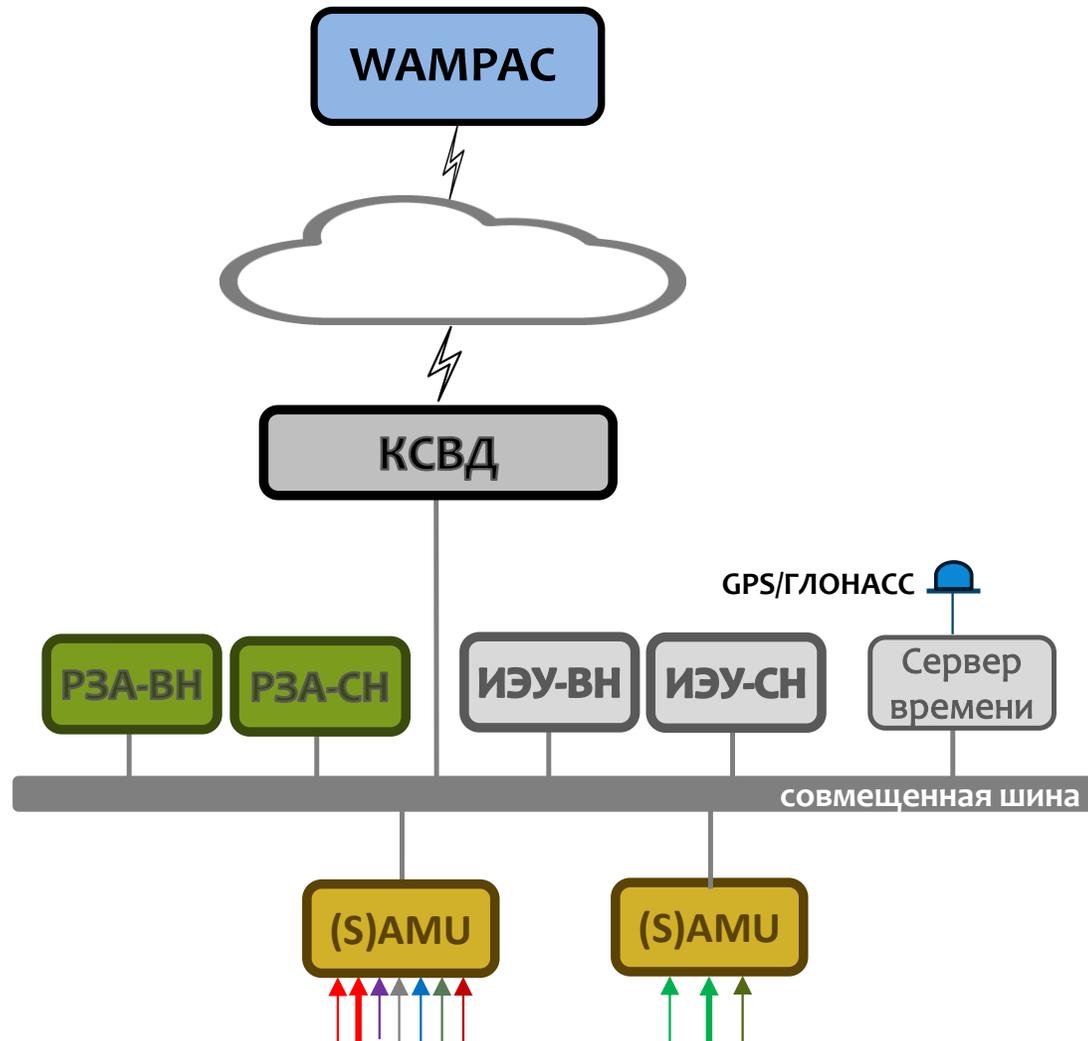
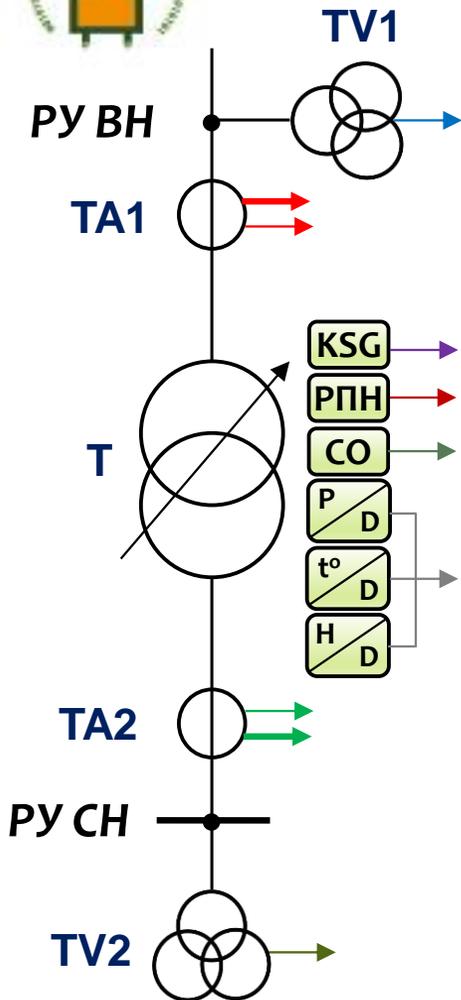
- совершенствование устройств РЗА,
- реализация системы мониторинга трансформатора по э/м параметрам,
- интеграция функций мониторинга СТ в устройстве защиты,
- применение MIEDs

- применение интеллектуального оборудования и современных коммуникаций,
- распределенная система защиты, автоматики и мониторинга,
- преимущественное применение SP

- цифровое КРУ,
- цифровые датчики тока и напряжения,
- интеллектуальные выключатели с встроенной резервной защитой,
- широкое применение MIEDs



Системы автоматизации силового трансформатора



- совмещенная шина процесса и шина подстанции,
- протокол резервирования PRP/HSR,
- применение встроенных преобразователей аналоговых сигналов (ПАС) класса АМУ или традиционных э/м ТТ и ТН совместно с ПАС класса SAMU
- ПАС с функцией выдачи **СВИ**,
- РЗА с функцией приема **СВИ**.



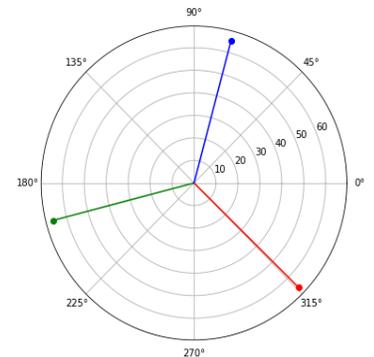
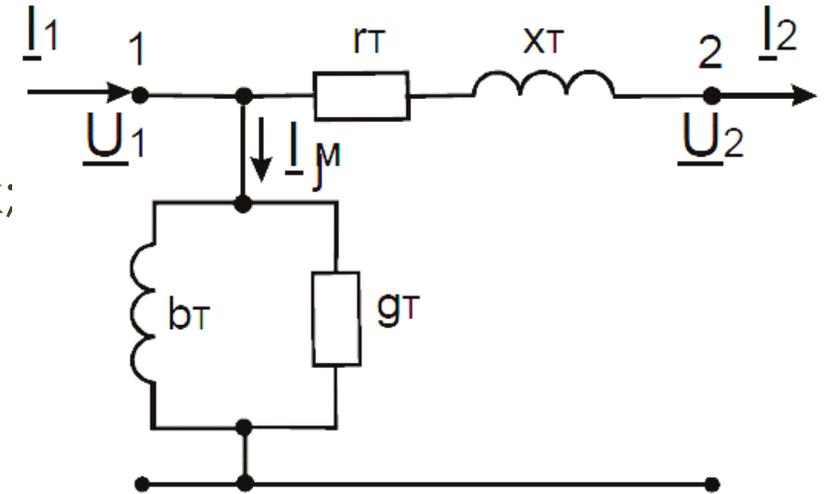
Мониторинг состояния силовых трансформаторов

Измеряемые параметры:

- синхровекторы фазных напряжений и токов;
- фазные активные и реактивные мощности обмоток;
- частота сети;
- коэффициенты мощности обмоток.

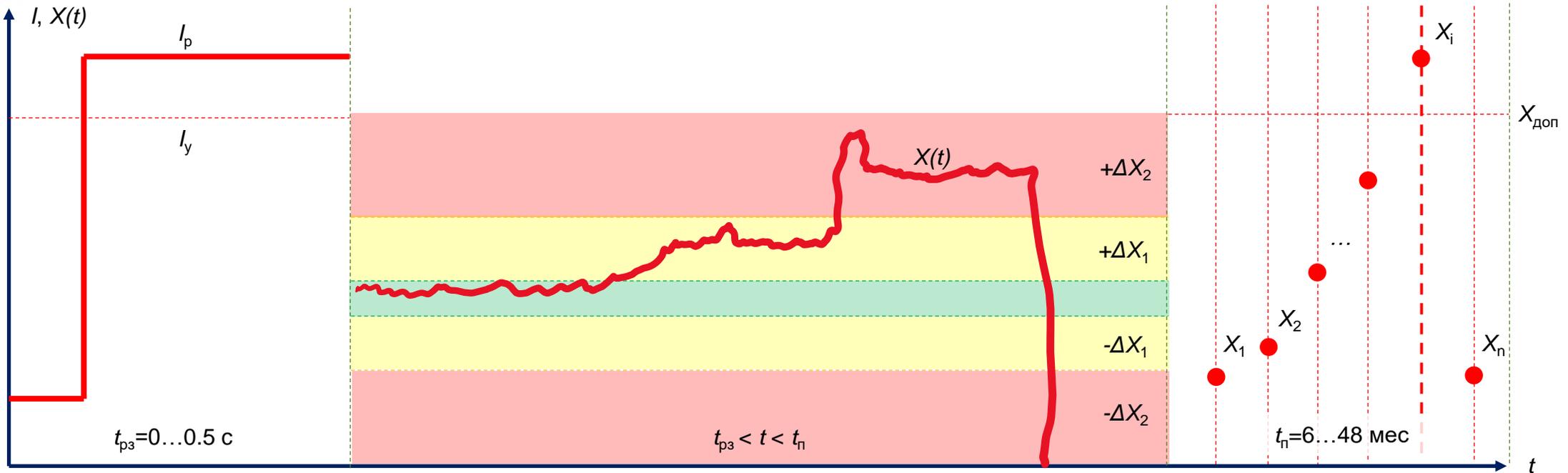
Рассчитываемые параметры:

- фазные потери активной и реактивной мощности;
- импедансы продольных и поперечных ветвей схемы замещения;
- оценка потерь холостого хода и короткого замыкания;
- оценка напряжения короткого замыкания и тока холостого хода;
- фактический коэффициент трансформации по фазам;
- расчет указанных параметров для прямой последовательности (обратной, нулевой).





Мониторинг состояния силовых трансформаторов



Релейная защита

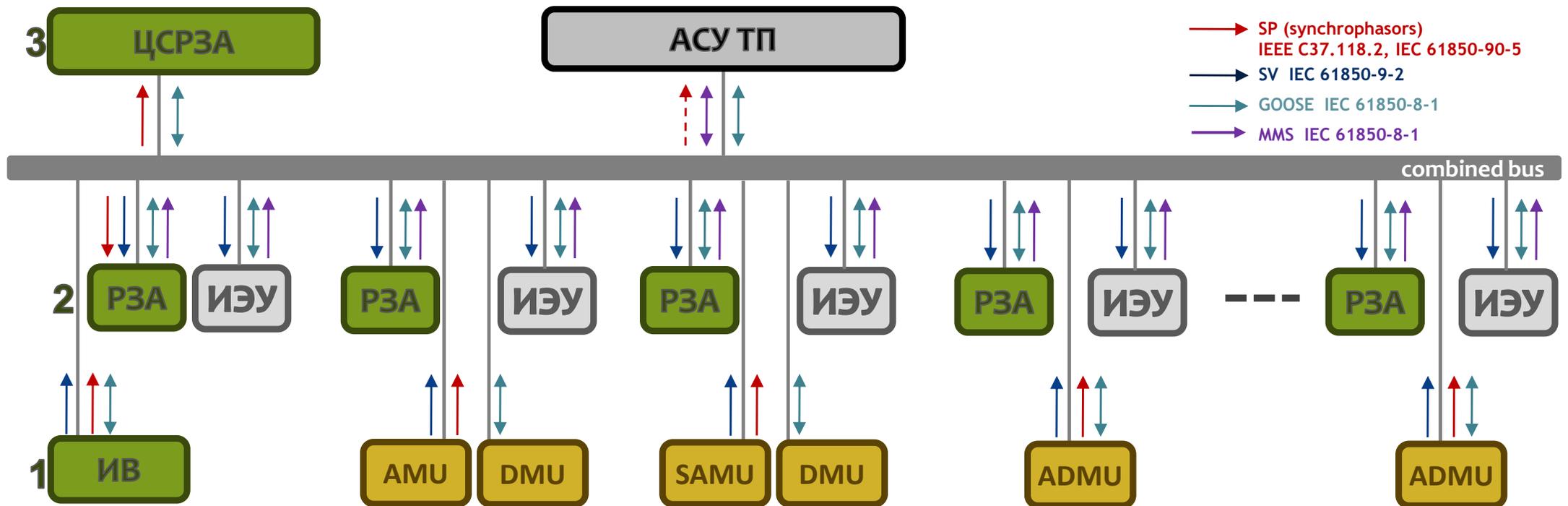
Система мониторинга (СМСТ)

Периодический контроль



Автоматизация РУ ВН

- ЦСРЗА - централизованная система релейной защиты и автоматики,
- ИВ – интеллектуальный выключатель,
- А(D)МУ – преобразователь аналоговых (дискретных) сигналов,
- ADMU - совмещенный преобразователь аналоговых и дискретных сигналов.





Автоматизация РУ ВН



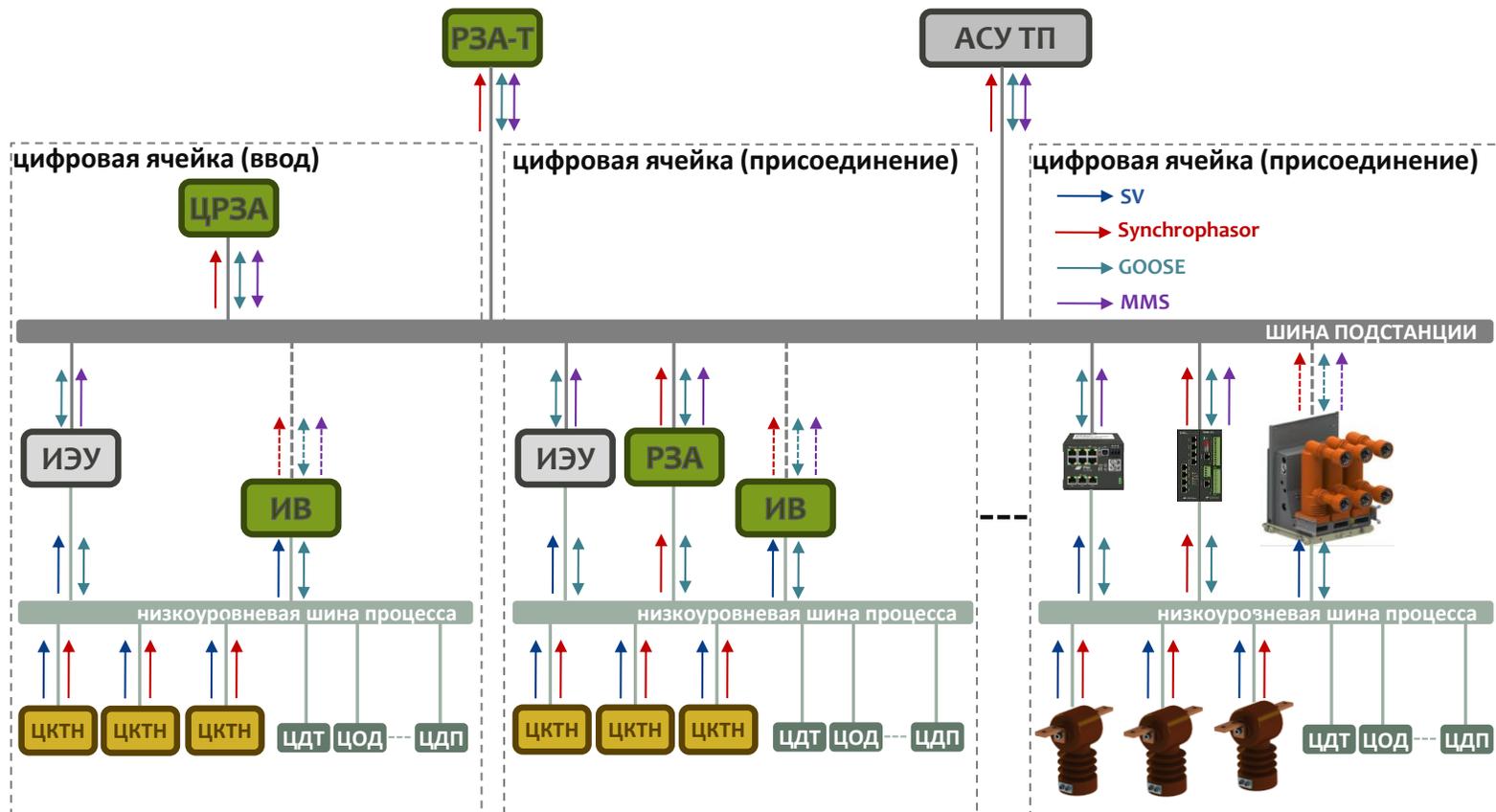
Преобразователь аналоговых сигналов ENMU

3 поколения

- ПАС ENMU класса SAMU с расширенными функциональными возможностями,
- подключение к шине подстанции (MMS, GOOSE) и к шине процесса (SV, GOOSE), в том числе синхровекторы (SP),
- резервирование локальных устройств защиты и централизованной защиты,
- протоколы резервирования PRP,
- модификации ПАС и ПДС
- широкое использование СВИ



Автоматизация РУ СН



- применение внутри КРУ низкоуровневой шины процесса для интеграции цифровых датчиков тока и напряжения, интеллектуальных выключателей и т.д.;
- коммуникационная шина, охватывающая ИЭУ всех присоединений,
- синхровекторы токов и напряжений вместо SV-поток (передача SP-поток опционально);
- широкое использование ИЭУ с 2 портами Ethernet и встроенным коммутатором с целью реализации коммуникационной сети с топологией звезда, кольцо или гибридной топологией.



Современные измерительные системы

Преимущества цифровых измерительных трансформаторов со встроенным ПАС по сравнению с традиционными ТТ и ТН:

- лучшие метрологические характеристики,
- повышенная помехоустойчивость,
- возможность мониторинга состояния,
- хранение данных о характеристиках и калибровочных коэффициентах,
- меньшие массогабаритные показатели,
- не только преобразование сигнала в цифровой вид (SV), но и измерение I , U , P , Q , S , в том числе СВИ

Разработка ЦКДТН имеет важное значение для развития систем автоматизации подстанции.





Цифровой комбинированный трансформатор тока и напряжения



ЕСИТ

Метрологические характеристики	
Номинальное напряжение	3000/ $\sqrt{3}$...11000/ $\sqrt{3}$ В
для измерения ($0,2 \cdot U_n \leq U \leq 1,2 \cdot U_n$)	класс точности — 0.5 (ГОСТ Р МЭК 60044-7); погрешность: относительная — 0,5%, угловая — 20 мин
для защиты ($0,005 \cdot U_n \leq U \leq 1,9 U_n$)	класс точности — 3P (ГОСТ Р МЭК 60044-7); погрешность: относительная — 3%, угловая — 120 мин
Номинальный (расширенный) первичный ток	100 (1250) А
для измерений ($0,01 \cdot I_n \leq I \leq 12,5 \cdot I_n$)	класс точности — 0.5S (ГОСТ Р МЭК 60044-8); погрешность: относительная — 0,75 ($0,01 \cdot I_n \leq I < 0,05 \cdot I_n$), 0,5 ($0,5 \cdot I_n \leq I \leq 12,5 \cdot I_n$), угловая — 45 мин ($0,01 \cdot I_n \leq I < 0,05 \cdot I_n$), 30 мин ($0,5 \cdot I_n \leq I \leq 12,5 \cdot I_n$)
для защиты ($I_{ном} \leq I \leq 200 \cdot I_{ном}$)	класс точности — 5P (ГОСТ Р МЭК 60044-8); погрешность: относительная — 1%, полная — 5%, угловая — 60 мин

Прочие сведения	
Частота дискретизации	4000, 4800, 12000, 12800, 14400 (макс — 96000) Гц
Интерфейсы	2 x 100Base-TX, поддержка PRP, RSTP
Протоколы обмена	МЭК 61850-9-2 (SV80, SV256, SV96, SV288), C37.118.2 (100 fps), МЭК 60870-5-104, RTUv2
Рабочие условия	-45...+50 °С, RH — до 98 % (+25 °С), 84...106,7 кПа (630...800 мм рт. ст.)
Максимальная высота эксплуатации	1 000 метров над уровнем моря
Питание	18...36 В=, 10 Вт
Конструкция	270 x 136 x 113 мм, 3,6 кг, IP30



Цифровой комбинированный трансформатор тока и напряжения

Цифровая ячейка
6-10кВ
на базе ПТК ES-GEAR



ШИНА ПОДСТАНЦИИ МЭК 61850-8-1 (MMS, GOOSE), SNTP, РТР



Многофункциональное
устройство РЗА с
функцией контроля
присоединения

ENBC-PR



Цифровой счетчик
электроэнергии,
ПКЭ и МИП

ESM-SV



100Base-TX, МЭК 61850-9-2 SV



A



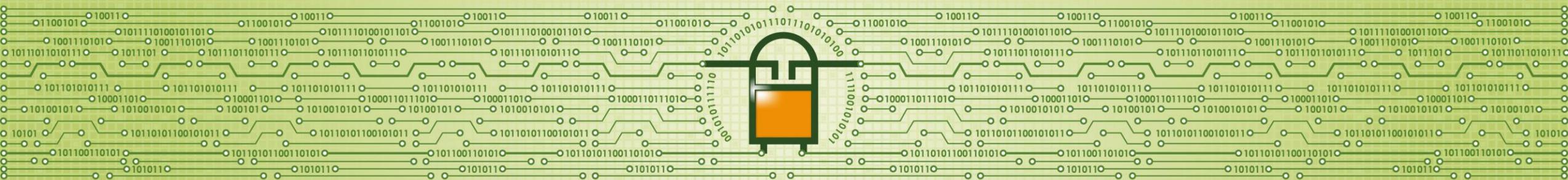
B



C

Комбинированный трансформатор тока и
напряжения с двумя цифровыми шинами
стандарта: 100Base-TX (МЭК 61850-9-2LE)

ECIT-1



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Контакты:

Ульянов Дмитрий Николаевич,
зам. генерального директора ООО "Инженерный центр "Энергосервис",
8-911-591-85-91, d.ulyanov@ens.ru, <http://www.enip2.ru>