

Сочи, 30 мая – 01 июня

Международная научно-техническая конференция

 инженерный центр  
энергосервис



## РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА ЭНЕРГОСИСТЕМ – 2023

# Разработка систем управления, мониторинга, релейной защиты и автоматики на основе технологий СВИ и ВАПС (ЦПС)

Ульянов Дмитрий Николаевич

В.Н. Бовыкин, Ульянов Д.Н., Хромцов Е.И., Мокеев А.В., Пискунов С.А.

ООО «Инженерный центр «Энергосервис»,  
Северный (Арктический) федеральный университет

Россия



## Введение

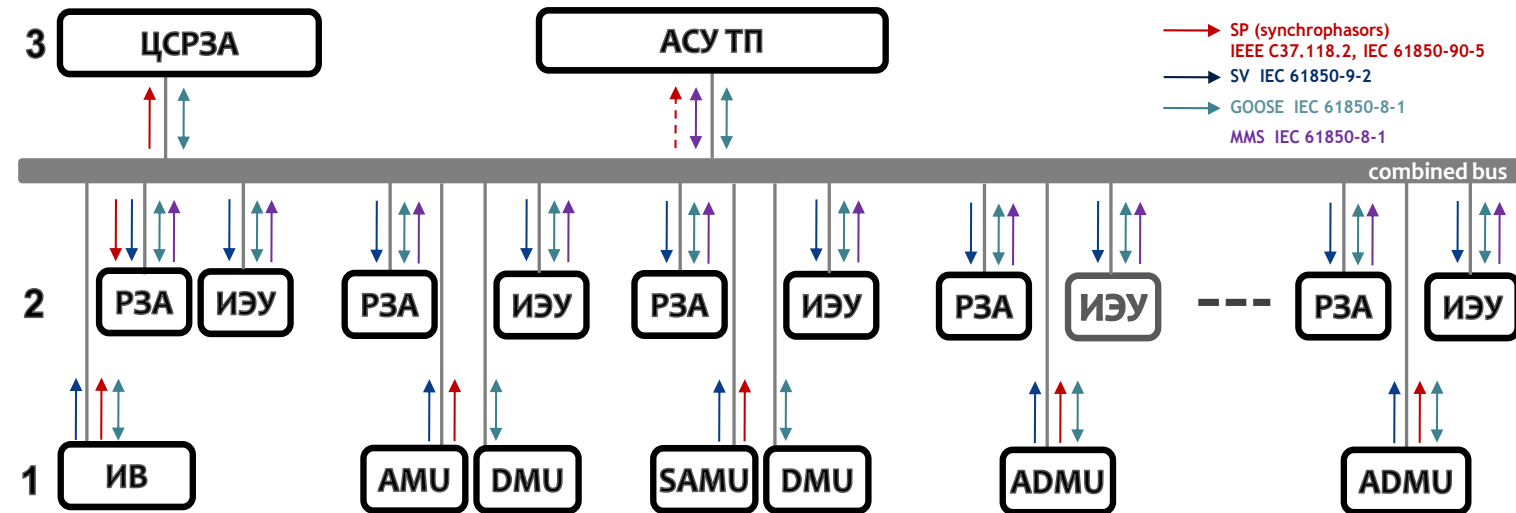
1. Одним из основных направлений совершенствования систем автоматизации подстанции является интеграция технологии **цифровой подстанции (ЦПС)** согласно набору стандартов МЭК61850 и **синхронизированных векторных измерений (СВИ)**.
2. Преимущества СВИ обусловлены снижением требований к объему передаваемой информации (6 синхровекторов тока и напряжения), возможностью расчета большего количества параметров режима по присоединению, определением параметров энергосистемы.
3. Интеграция технологий ЦПС и СВИ открывает новые возможности для построения ВАПС.



# Архитектура системы автоматизации РУ ВН

- ✓ трехуровневая система РЗА
- ✓ резервирование функций ИЭУ компонентами верхнего уровня
- ✓ встроенные в ПАС или ИВ резервные защиты
- ✓ локальный режим работы устройств РЗА в случае деградации коммуникационной сети

## Структурная схема цифрового РУ ВН



**ЦСРЗА** – централизованная система релейной защиты и автоматики,  
**ИВ** – интеллектуальный выключатель, **DMU** – преобразователь дискретных сигналов,  
**ADMU** – совмещенный преобразователь аналоговых и дискретных сигналов

- совмещенная шина процесса и шина подстанции,
- преимущественное применение синхровекторов (SP),
- замещение части MMS-сообщений,
- многофункциональные преобразователи сигналов (ПАС) класса SAMU и AMU



# Преобразователь аналоговых сигналов ENMU

- ✓ поддержка совмещенной шины процесса и шина подстанции
- ✓ реализация протоколов PRP и HSR
- ✓ модификации ПАС, ПДС
- ✓ измерение и передача SV и SP



## Технические характеристики

Аналоговые входы	4 входа U: 2...200% от $U_{НОМ}$ (57.7 В), точность 0.2%; 4 входа ТТ измерение: 1...200% от $I_{НОМ}$ (1/5 А), точность 0.2%; 3 входа ТТ защита: 10...4000% от $I_{НОМ}$ (1/5 А), точность 5%; класс точности по МЭК 61869-13: 0.2, 0.2DR5-200, 6TPM40, $T_p = 120$ мс
Настраиваемые потоки SV	2 × SV80/96 (защита), 2 × SV256/288 (измерения)
Дискретные входы	16 входов: 220 В~, настраиваемые импульс режекции и пороги срабатывания/ отпускания; программируемая логика: AND, OR, XOR, CMP, RS FF
Дискретные выходы	10 выходов: 3 × DO SSR, 7 × DO EMR или 8 выходов: 3 × DO TRIP, 5 × DO EMR DO EMR — 400 В~ 6 А, 220 В= 0.45 А, 6 мс; DO SSR — 400 В= 1.35 А, 5 мс; DO TRIP — 250 В= 10(40) А, 1 мс
Запись осциллограмм	частота дискретизации до 14,4 кГц, встроенная память 8 Гб, FTP-доступ
Интерфейсы и протоколы обмена	USB + см. код заказа; МЭК 61850-9-2, МЭК 61850-8-1 (ред. 1), IEEE C37.118.2, МЭК 60870-5-104, МЭК 60870-5-101, IEEE 1588v2 PTP (синхронизация времени)
Питание	120...370 В= или 100...265 В~ (47...63 Гц), 30 ВА
Рабочие условия и конструкция	-40...+70 °С; 303 × 254 × 100 мм (с креплением и клеммами), IP20



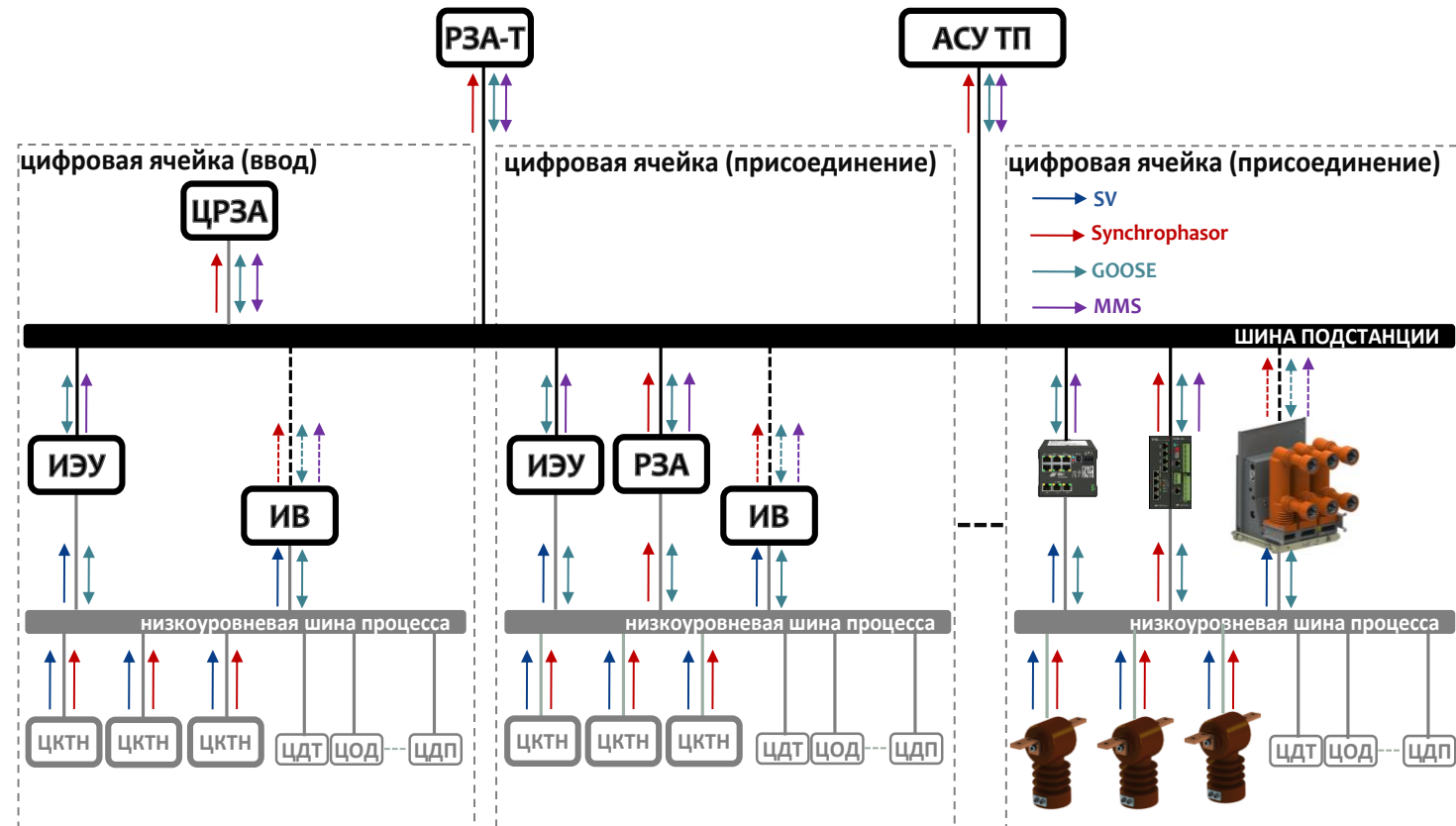
# Архитектура системы автоматизации РУ СН

- ✓ интеграция ЦКТН, ИВ, ЦДП, ЦОД, ЦДТ на основе применения внутри КРУ **низкоуровневой шины процесса**.

## Варианты:

- сочетание сети Ethernet по топологии точка-точка между ЦКТН и РЗА/ИЭУ или полукольцевой сети,
- сочетание отказоустойчивой сети CAN-FD для подключения к РЗА и ИЭУ цифровых датчиков.

## Структурная схема цифрового РУ СН

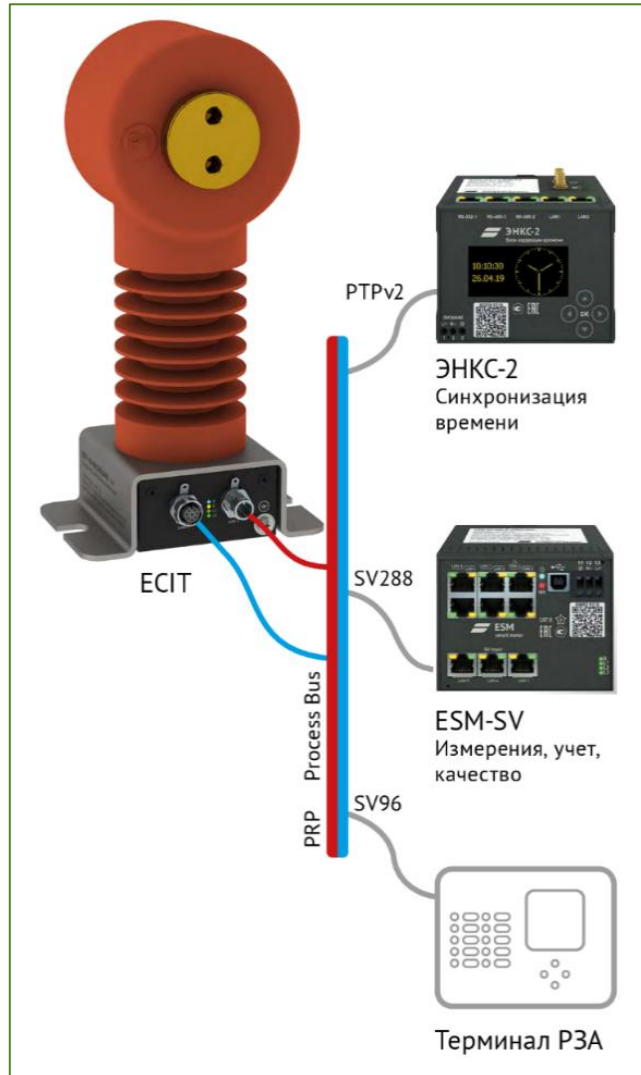


**ЦРЗА** – централизованная система релейной защиты и автоматики, **РЗА-Т** – устройство релейной защиты и автоматики понижающего трансформатора, **ИВ** – интеллектуальный выключатель, **ЦКТН** – комбинированный цифровой измерительный трансформатор тока и напряжения, **ЦДТ** – цифровой датчик температуры, **ЦОД** – цифровой оптический датчик, **ЦДП** – цифровой датчик положения



# Цифровой комбинированный ИТТ/ИТН ЕСИТ

- 0,5S (1 A– 1250 A)
- 5P (100 A– 20000 A)
- 0,5 (1200 В– 12000 В)
- 3P (30 В – 12000 В)
  
- PTPv2, IRIG
- SV 4000Гц; 4800Гц; 12000Гц; 12800Гц; 14400Гц; 16000Гц  
в соответствии с требованиями МЭК 61850-9-2LE (IEC 61850-9-2)
  
- SP class M(P) в C37 или отдельный профиль IEC 61850-9-2



- PPS (IRIG-A/B)–  $\pm 150$  нс
- NTP –  $\pm 100$  мкс
- PTP –  $\pm 250$  нкс
- Сохранение шкалы без спутников –  
**не хуже 1 мс/сутки**



- UCAiug Level A Certificate IEC 61850 Ed.2 (DNV GL, Голландия), 2021
- I, U, P, Q, S, Wh, Varh
- ПКЭ ГОСТ 30804.4.30-2013 class A



**NEW**

- ENBC-PR
- РЗА с функцией контроллера присоединения 6-35кВ



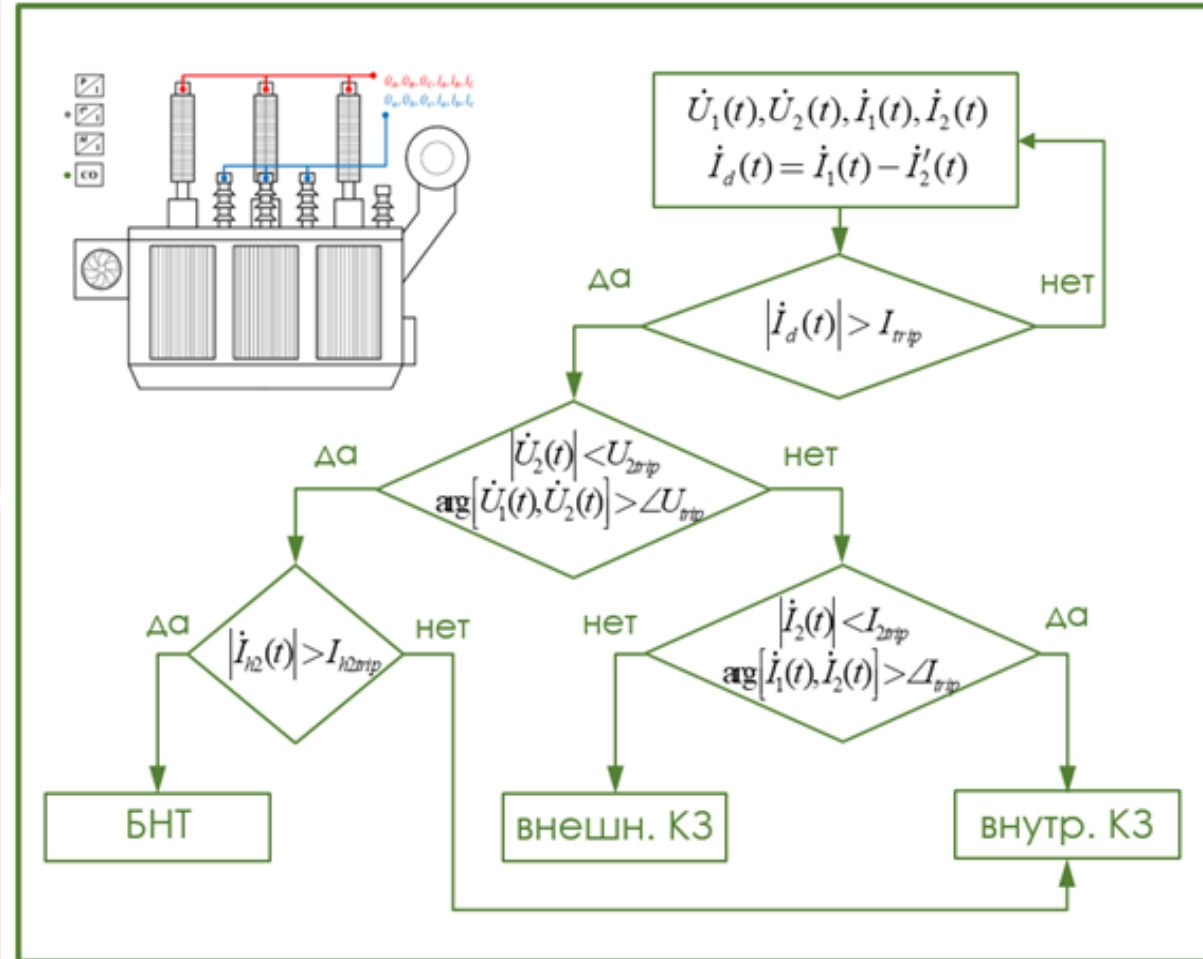
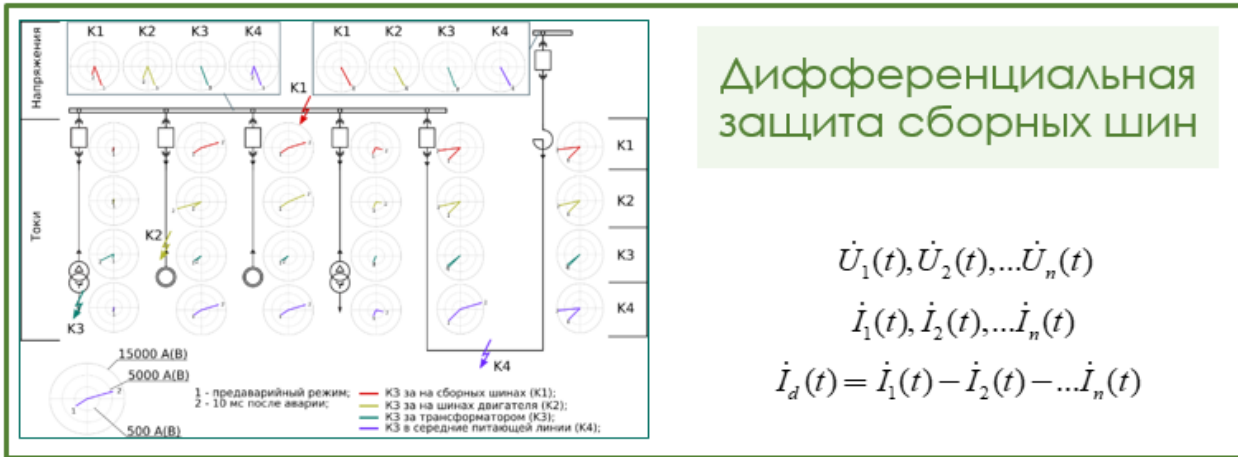
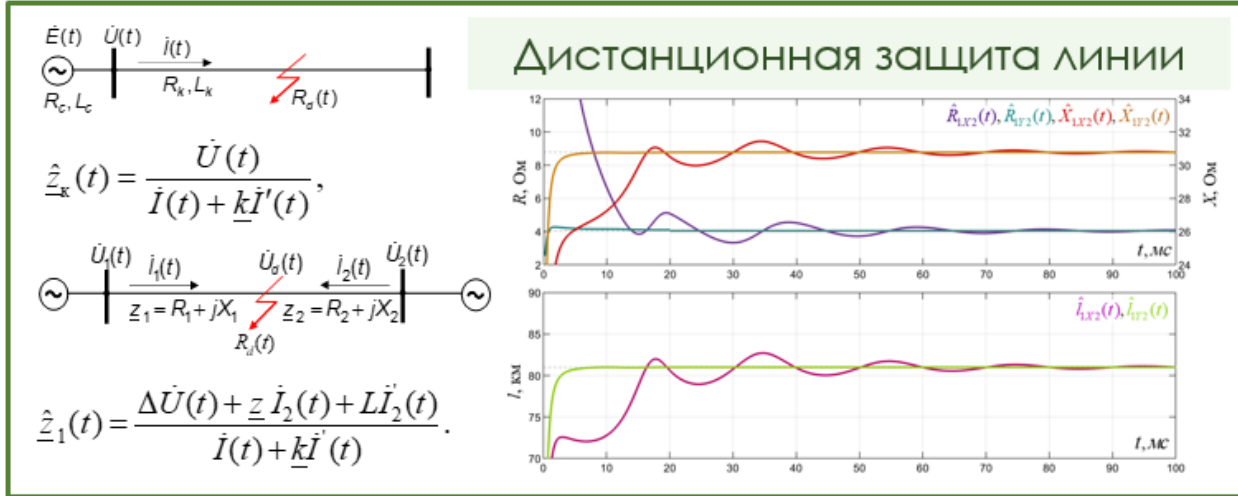
## Релейная защита на основе СВИ

- ✓ централизованная система защиты одного, двух или трех уровней
- ✓ защита, встроенная в интеллектуальный выключатель
- ✓ локальные устройства РЗА и централизованная система РЗА подстанции
- ✓ повышение показателей быстродействия и чувствительности за счет использования информации со всех присоединений подстанции (синхровекторы и GOOSE сообщения)
- ✓ более эффективные принципы защиты: дифференциальная защита сборных шин, дистанционная защита линии, дифференциальная защита силового трансформатора с функцией мониторинга состояния [1-3].

1. Мокеев, А. В., Пискунов С.А. Применение технологии синхронизированных векторных измерений для совершенствования дистанционной защиты. Релейная защита и автоматизация. – 2022. – № 3(48). – С. 12-17.
2. Мокеев А.В, Пискунов С.А., Ульянов Д.Н., Хромцов Е.И. Повышение эффективности и надежности РЗА цифровых подстанций и цифровых РЭС // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2020. – Т. 12, № 3(47). – С. 92-100.
3. Piskunov S.A., Mokeev A.V. Power transformer relay protection with its condition monitoring function // REEPE, Moscow, 2021, pp.1-6.



# Релейная защита на основе СВИ

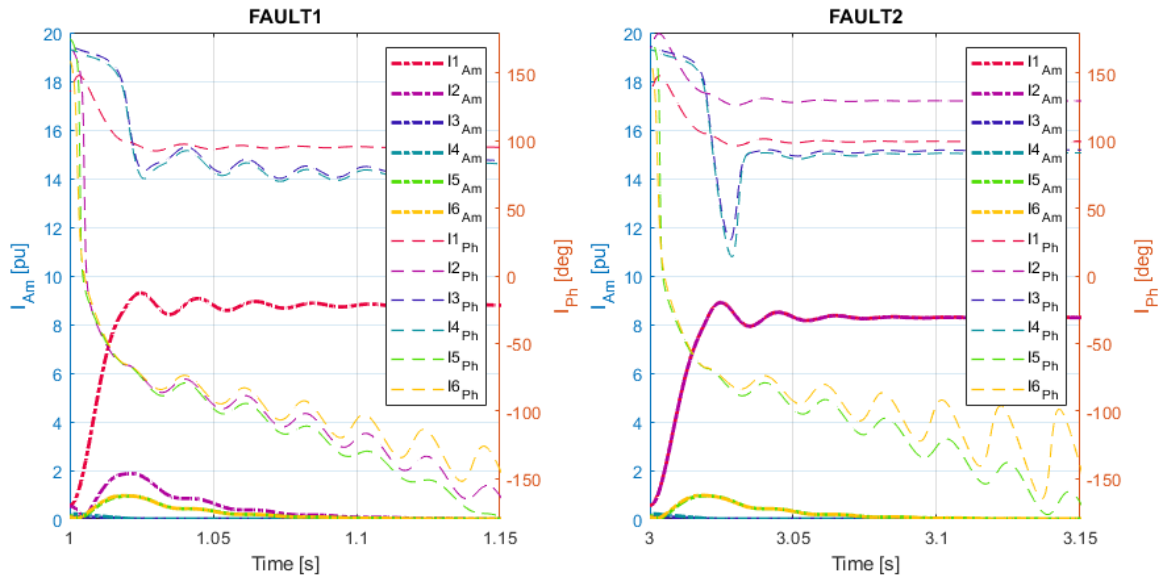




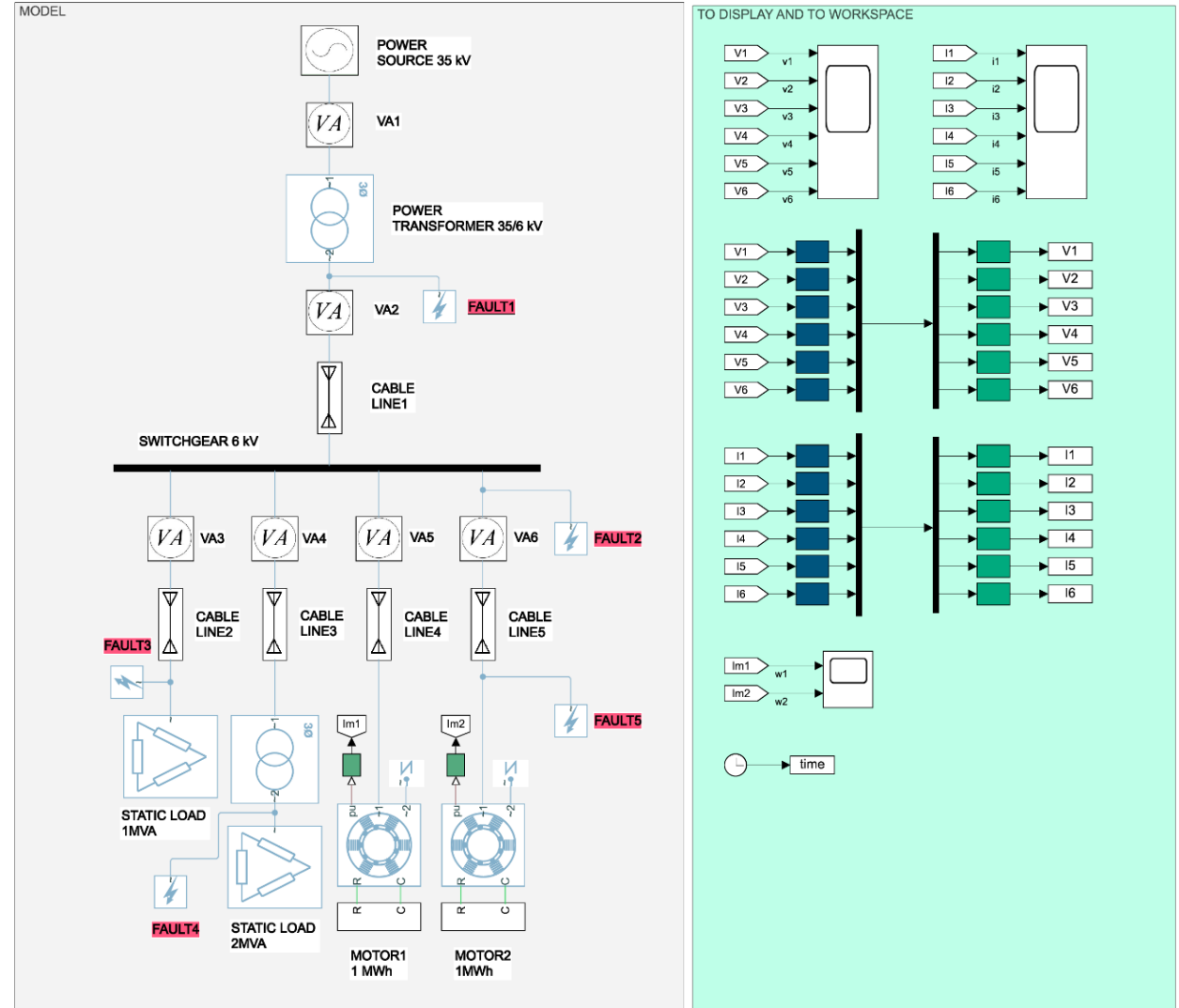


# Релейная защита на основе СВИ

## Моделирование в MATLAB/Simulink

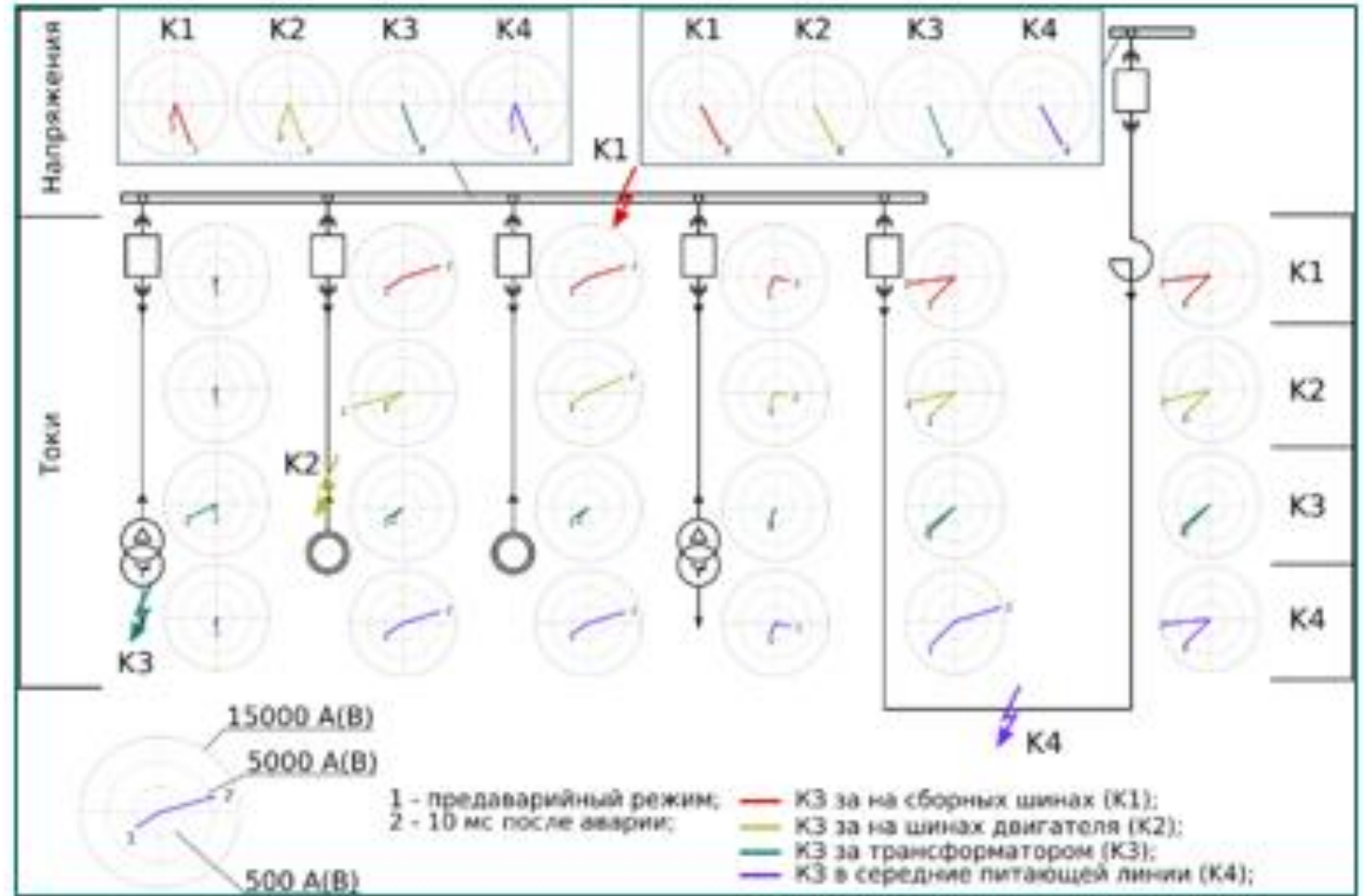
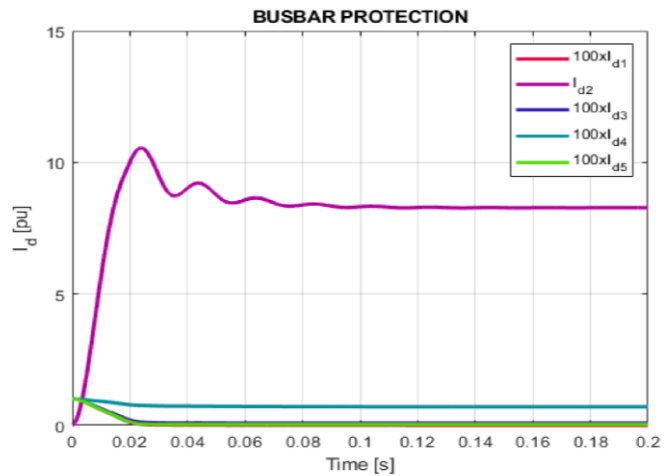


$$\dot{I}_d(t) = \dot{I}_1(t) - \dot{I}_2(t) - \dots - \dot{I}_n(t)$$





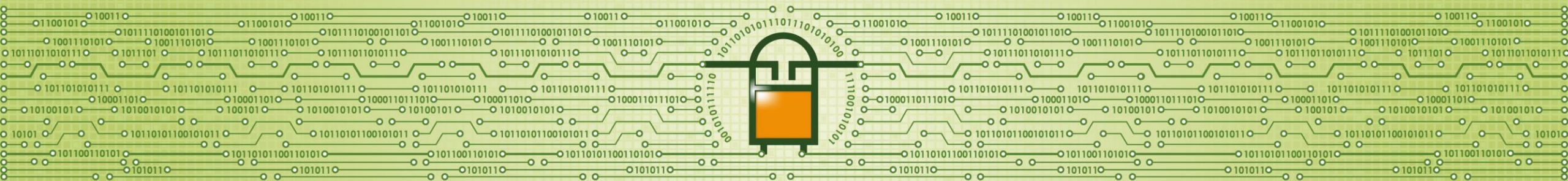
# Релейная защита на основе СВИ





## Заключение

1. Применение технологии СВИ, современных датчиков тока и напряжения, интеллектуальной коммутационной аппаратуры позволяет предложить новые подходы к автоматизации понижающих подстанций.
2. СВИ могут значительно улучшить характеристики устройств релейной защиты, в том числе за счет применения новых алгоритмов обработки сигналов.
3. Технологии ЦПС и СВИ позволяют шире использовать дистанционный и дифференциальный принцип выполнения защиты в сетях среднего напряжения.
4. Многофункциональные устройства РЗА и ИЭУ с поддержкой СВИ позволяют значительно снизить затраты на реализацию подсистем автоматизации подстанции.
5. На базе единого программно-аппаратного комплекса выполняются функции различных подсистем автоматизации: релейной защиты и автоматики, телемеханики, учета электроэнергии, мониторинга состояния оборудования.



# СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

## **Контакты:**

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