

СИНХРОНИЗИРОВАННЫЕ ВЕКТОРНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ В РЕШЕНИИ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Д.Н. Ульянов, А.И. Попов, А.В. Родионов

ООО «Инженерный центр «Энергосервис»

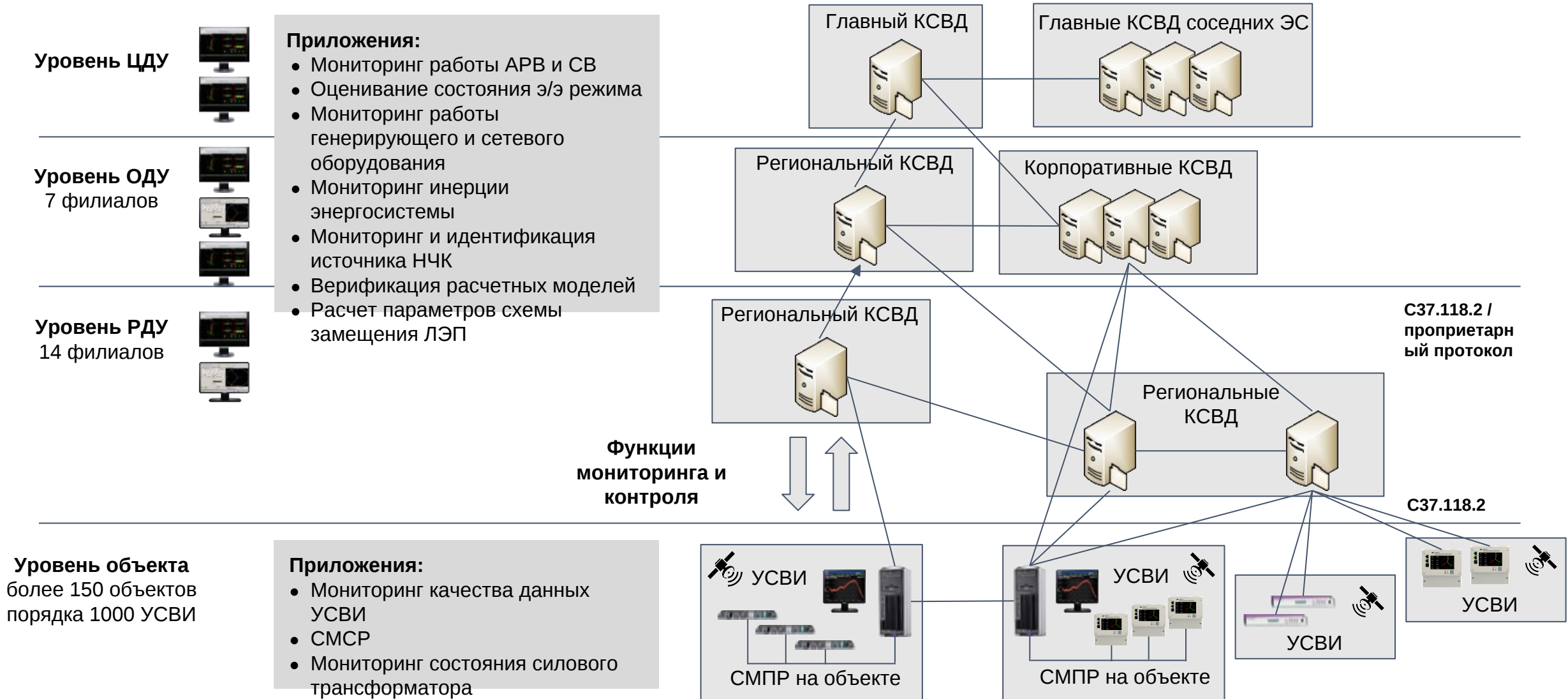
Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ В XXI ВЕКЕ

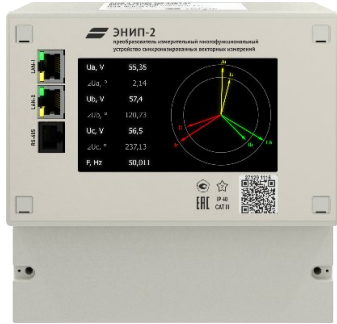
21 — 23 мая 2024



СМНР В ЕЭС РОССИИ



СМНР УРОВНЯ ЭНЕРГООБЪЕКТА



УСВИ/РМУ



Измерение параметров системы возбуждения



КСВД/РДС

+



...
прикладные задачи



Индустриальные ПК



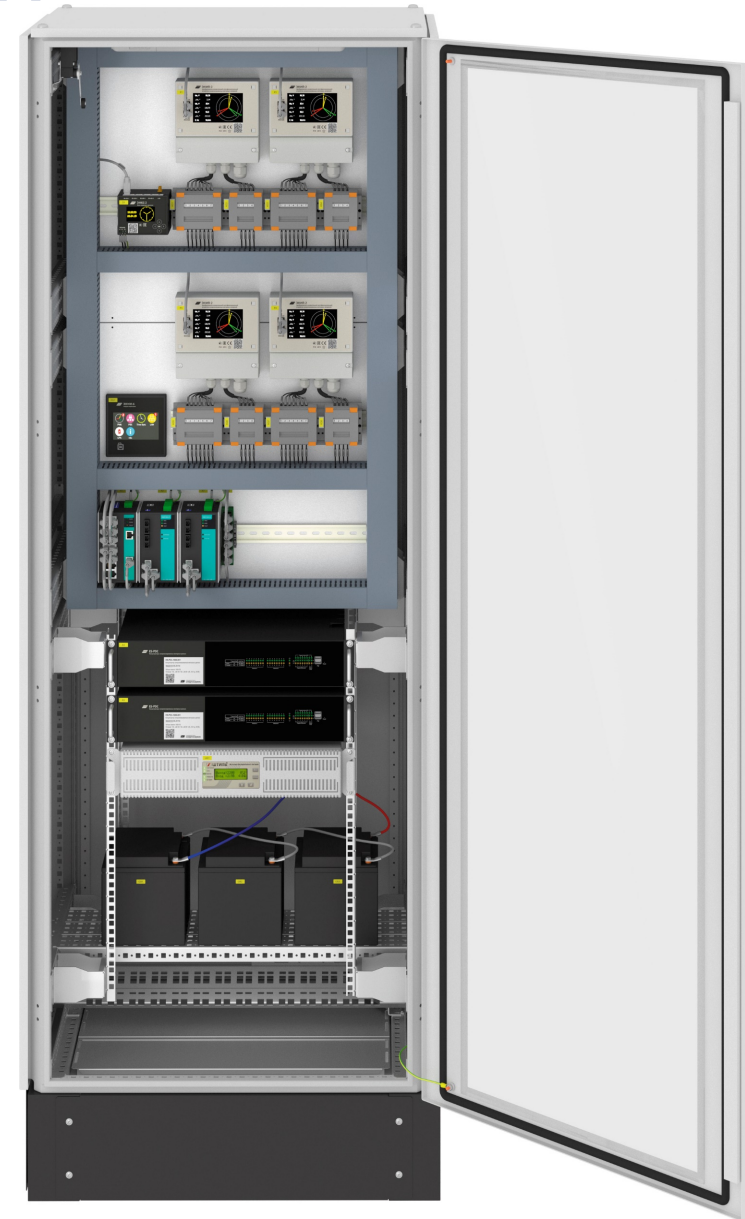
Синхронизация времени



Интеграция с ССПИ



Панель диагностики



ДААННЫЕ СВИ

Объём

- На текущий момент в ЕЭС России установлено порядка **1000 УСВИ**, количество внедрений **увеличивается**;
- **Стандартными инструментами** сложно/невозможно работать с данными;

Скорость

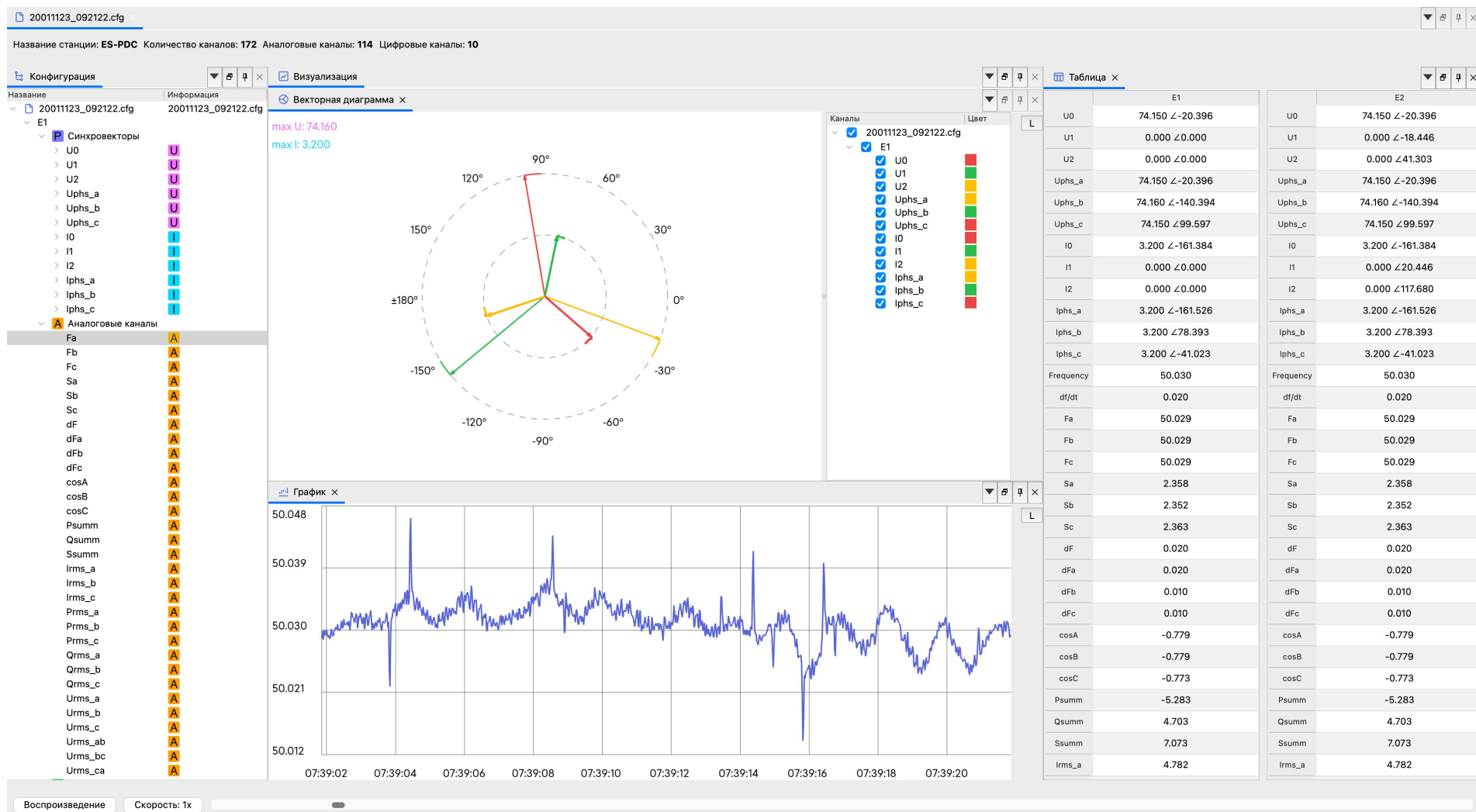
- Частота передачи данных (FPS) составляет **50 кадров в секунду**;
- Некоторые задачи требуют вычислений в режиме практически **реального времени**;

Разнообразие

- Для ряда задач требуется **дорасчёт параметров**, получение **данных из смежных систем**;
- Форматы данных допускают **вариабельность** (напр. выгрузка офлайн архивов);

Новые вызовы: повышение вычислительной эффективности, визуализация масштабных данных, валидация данных и т.п.

СТАНДАРТНЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДАННЫХ СВИ



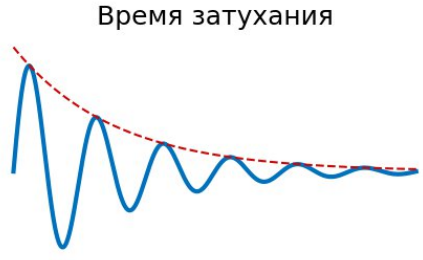
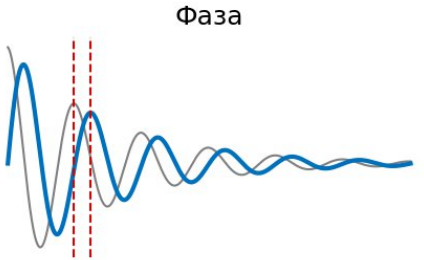
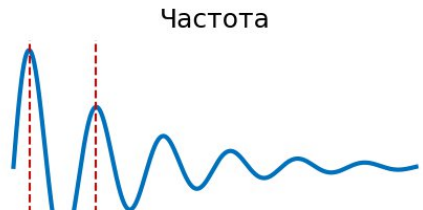
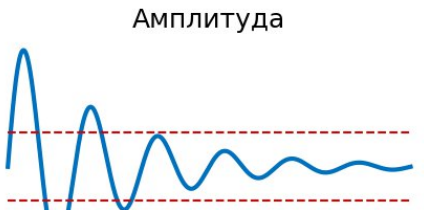
Визуализация данных в формате IEEE/IEC C37.111-2013 Annex H (phasor data)
ГОСТ Р 59366-2021

ВЫЯВЛЕНИЕ НИЗКОЧАСТОТНЫХ КОЛЕБАНИЙ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИСТОЧНИКА

Сигнал УСВИ



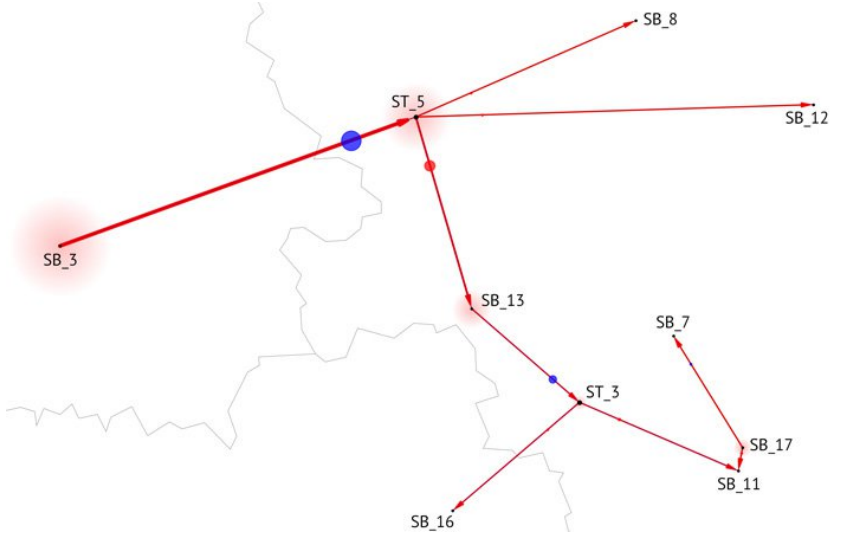
Вычисление параметров колебательных мод

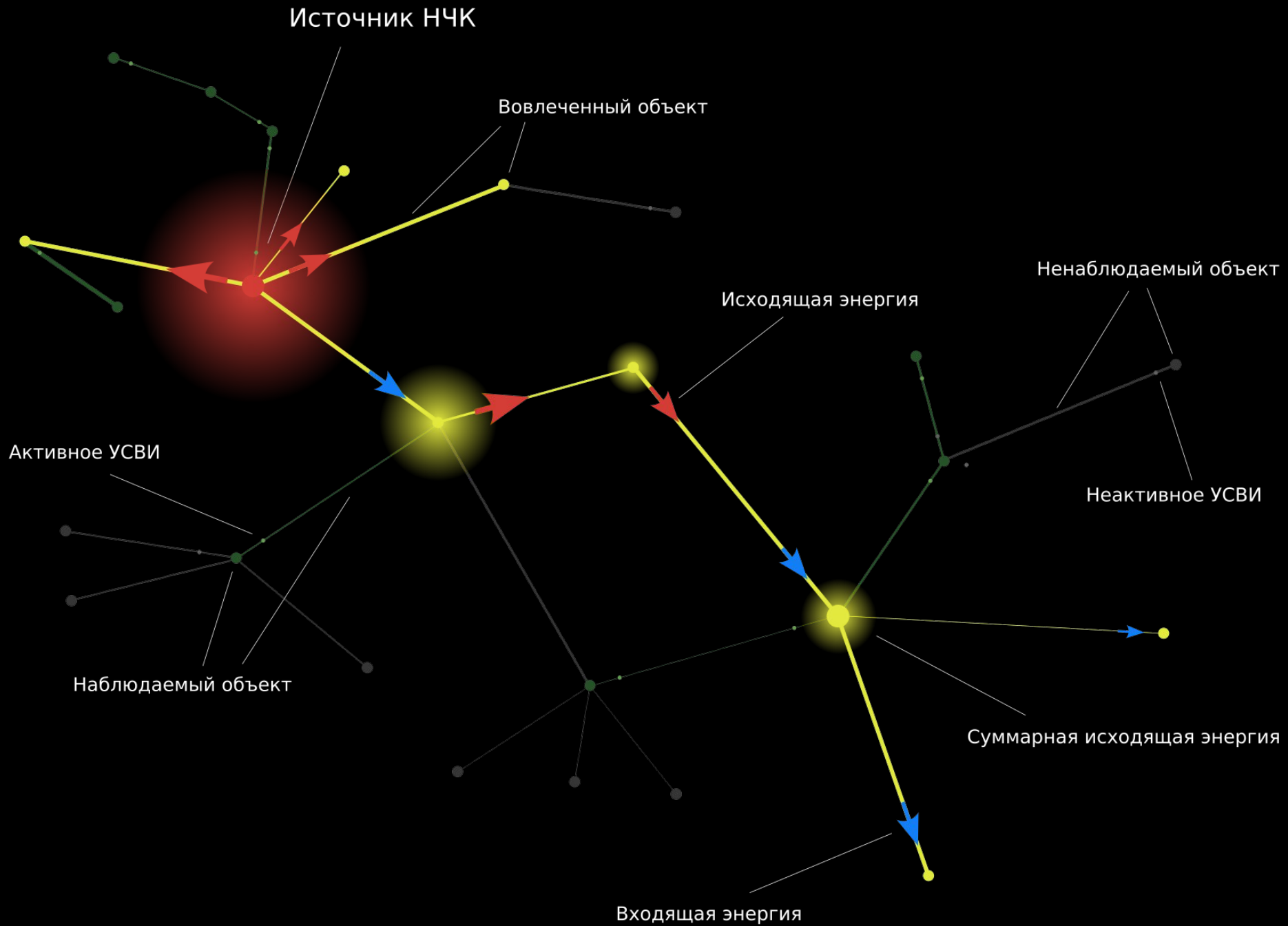


Выявление высокоамплитудных плохodemпфируемых низкочастотных колебаний (до 5 Гц)

Применение СВИ → вычисление параметров НЧК и поиск источника в режиме реального времени

Поиск источника





17.11.2022, 12:35:20,0



Настройки данных



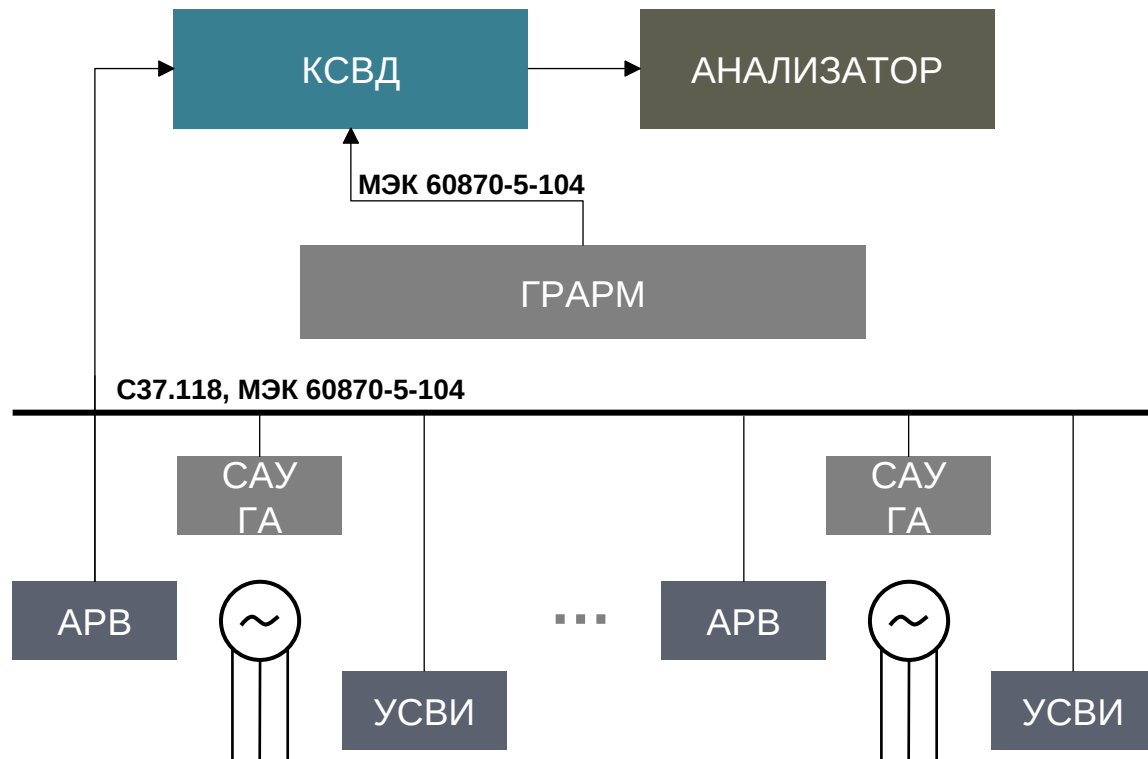
500 km



МОНИТОРИНГ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Контроль функционирования автоматических регуляторов возбуждения и систем возбуждения синхронных генераторов, автоматических регуляторов частоты вращения гидроагрегатов, а также систем группового регулирования активной и реактивной мощности

Совместный пилотный проект с НТЦ ЕЭС запущен на Новосибирской ГЭС осенью 2023 г.

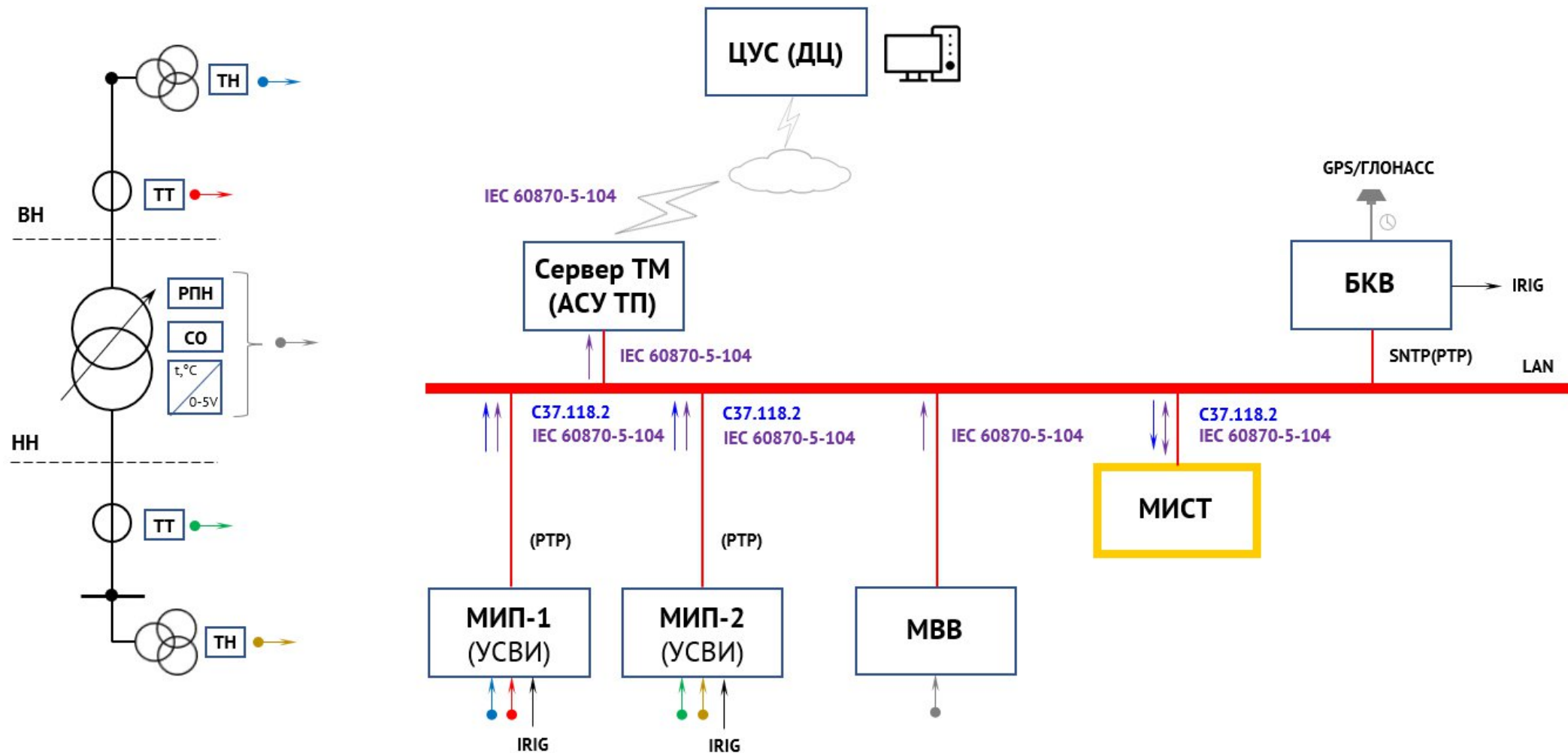


МОДУЛЬ ИНДИКАЦИИ СОСТОЯНИЯ ТРАНСФОРМАТОРА (МИСТ)

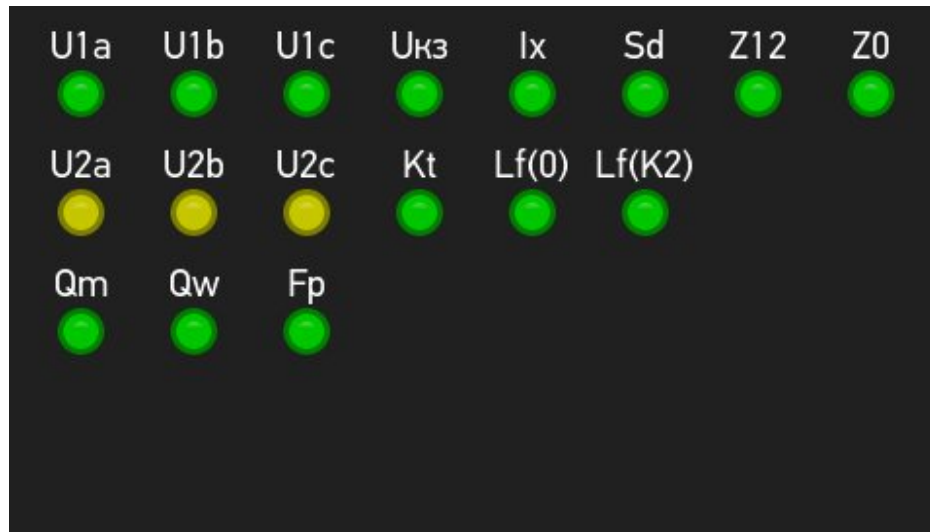
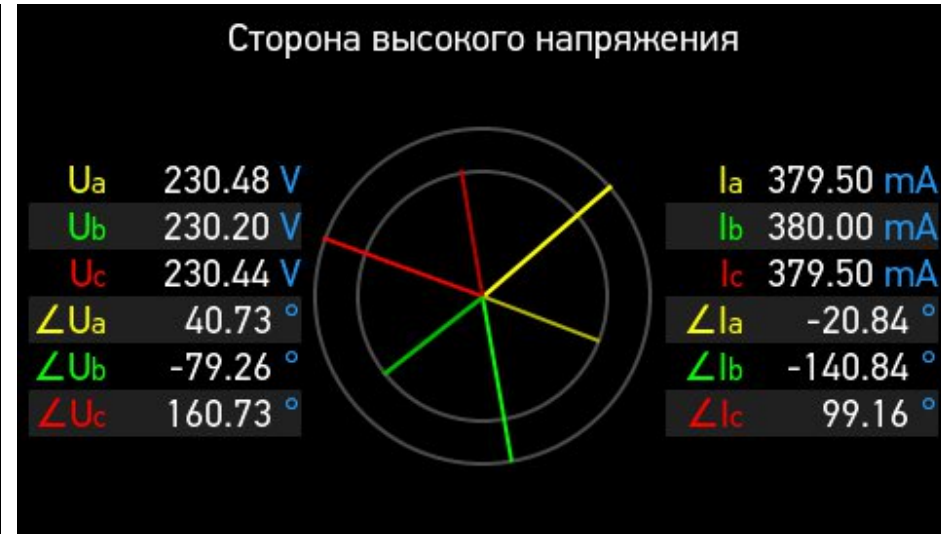
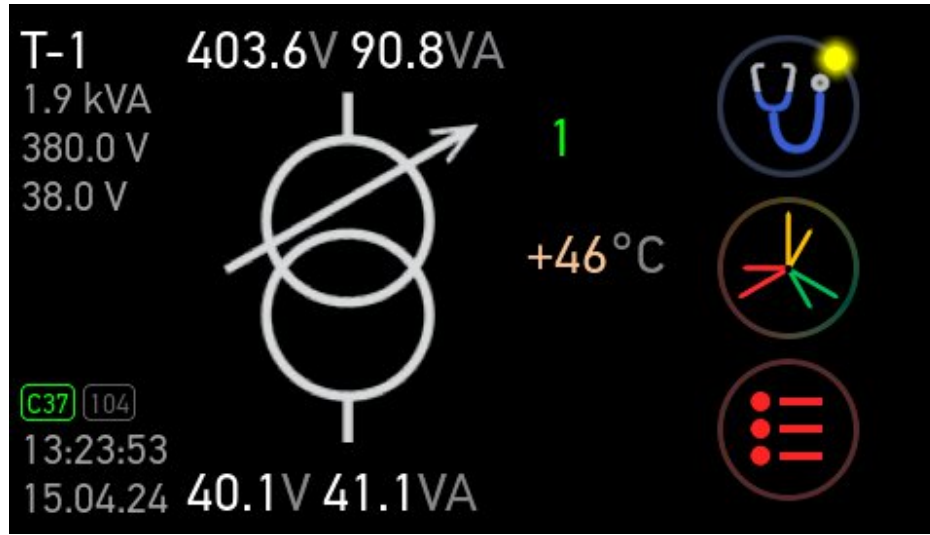


- Сбор данных от нескольких УСВИ
- Анализ качества исходных данных
- Расчёт параметров модели трансформатора
- Оценка температуры обмотки и износа изоляции
- Ведение архива исходных данных и параметров
- Выявление и регистрация событий
- Запись исходных данных в аварийных режимах
- Построение периодических отчётов
- Визуализация параметров и отклонений

АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ТРАНСФОРМАТОРА



МИСТ: ГРАФИЧЕСКИЙ ИНТЕРФЕЙС



МИСТ: ВЕБ-ИНТЕРФЕЙС

FPS: 10 ▾ Входящие данные

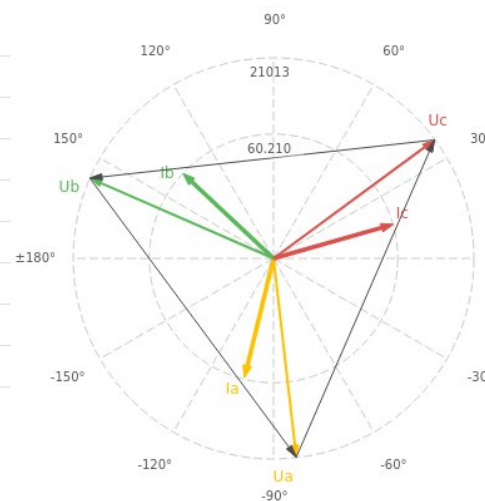
Метка времени 11.04.2024, 12:11:18 GMT+3 синхр
 Флаги качества данные напряжение частота
 Ступень РПН 5 (реф. 5)
 Темп. среды +8.3 °C

| | Напряжение, В | Ток, А | Частота, Гц |
|-----|----------------|---------------|-------------|
| • A | 20946 ∠-83.45° | 59 ∠-103.70° | 49.988 |
| • B | 21013 ∠156.44° | 60 ∠136.90° | |
| • C | 20944 ∠36.34° | 60 ∠15.85° | |
| • A | 3500 ∠-115.20° | 336 ∠-130.51° | 49.987 |
| • B | 3556 ∠123.94° | 341 ∠110.00° | |
| • C | 3569 ∠3.91° | 341 ∠-10.92° | |

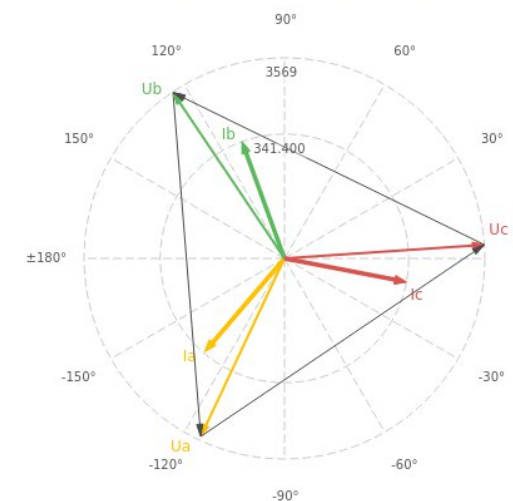
Расчётные параметры

| | Расчётное | Теоретическое |
|--------------|-----------------|-----------------|
| Kt | 5.846 | 5.806 |
| Uкз | 11.309 | 8.2 |
| ΔŜ | 126665.354 | 144714.659 |
| Z12 | 15.128 | 10.969 |
| Z0 | 5883.632 | 4053.729 |
| Ixx | 2.274 | 3.3 |
| Z12 | 2.0 + i15.0 | 1.2 + i10.9 |
| Z0 | 459.2 + i5865.7 | 363.6 + i4037.4 |

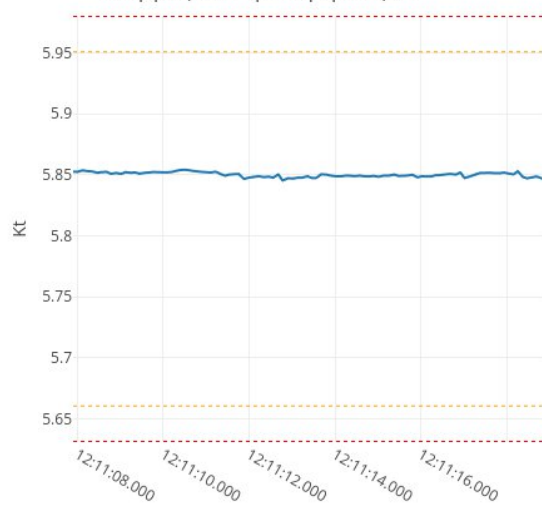
Сторона высокого напряжения



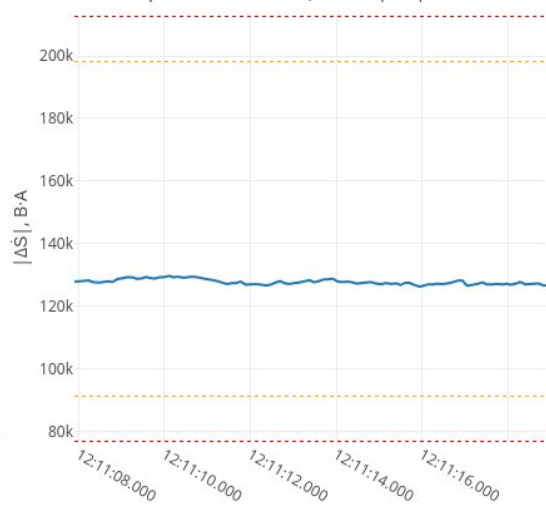
Сторона низкого напряжения



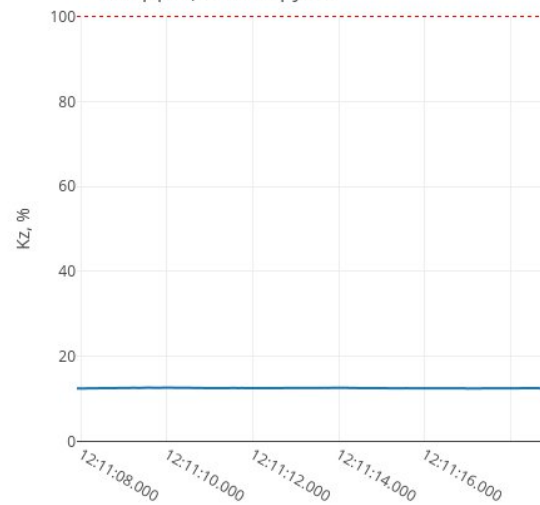
Коэффициент трансформации



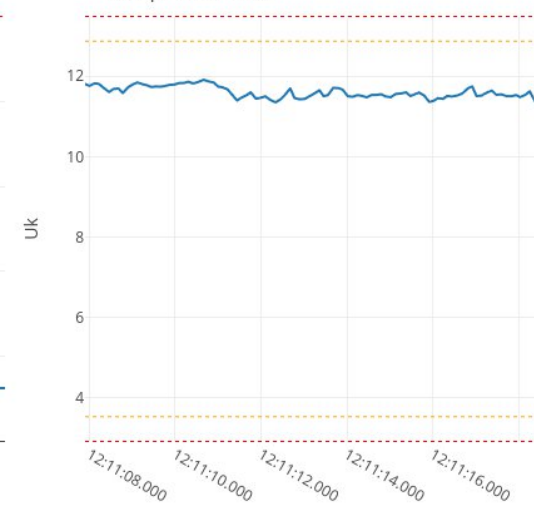
Потери полной мощности |ΔŜ|



Коэффициент загрузки



Напряжение КЗ



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Сфера применения технологии СВИ расширяется и в настоящее время охватывает задачи мониторинга, защиты, автоматизации и управления.
- Прикладной анализ данных СМПР относится к сложным проблемам как с методологической, так и с вычислительной точек зрения.
- В процессе решения задач масштаба энергосистемы вырабатываются общие принципы построения технических систем анализа данных СВИ.
- Применение этих принципов на уровне энергообъекта приводит к эффективной разработке законченных программно-технических решений.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Родионов Андрей
a.rodionov@ens.ru



enip2.ru