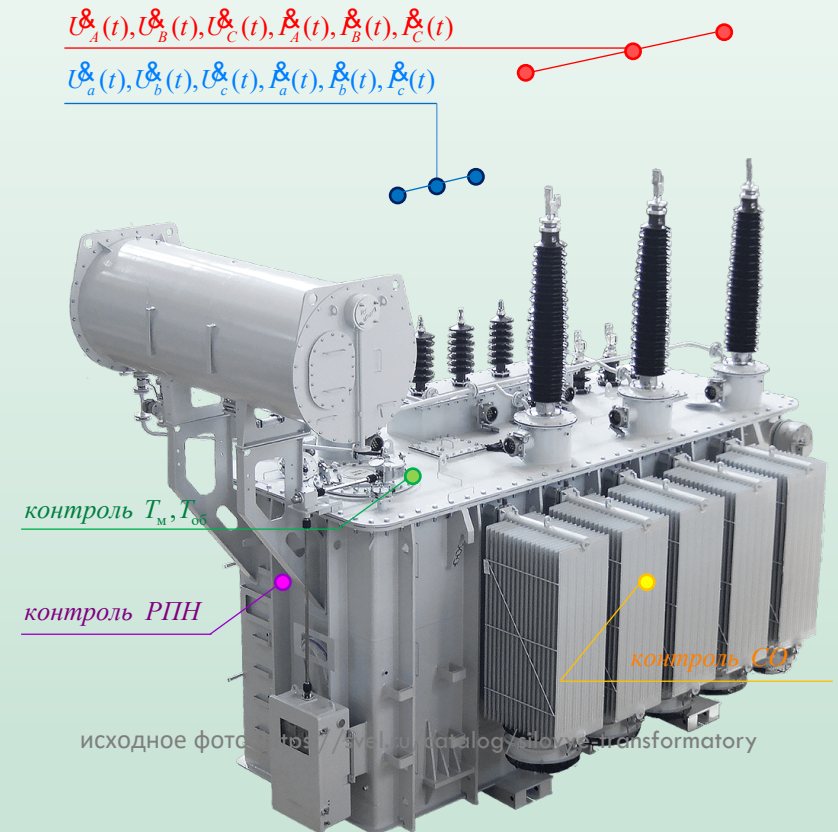




СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ НА ОСНОВЕ СИНХРОНИЗИРОВАННЫХ ВЕКТОРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ





НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Система мониторинга состояния силового трансформатора (СМСТ) – система непрерывного мониторинга, обеспечивающая сбор, хранение, обработку информации и техническое диагностирование в режиме непрерывного контроля параметров силового трансформатора с применением автоматизированных систем реального времени и участием человека.

Назначение и область применения СМСТ:

1. Непрерывное (с установленной периодичностью) измерение, регистрация, преобразование и отображение диагностических параметров силового трансформатора.
2. Определение технического состояния силового трансформатора в текущие моменты измерения диагностических параметров и возможное прогнозирование остаточного ресурса.
3. Оптимизация проведения регламентных диагностических работ.
4. Обеспечение перехода на планирование технического обслуживания и ремонтов по техническому состоянию.

СМСТ на базе синхронизированных векторных измерений (СВИ) предполагает в качестве основы мониторинга контроль электромагнитных диагностических параметров силового трансформатора.



КОНТРОЛИРУЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Основные измерения:

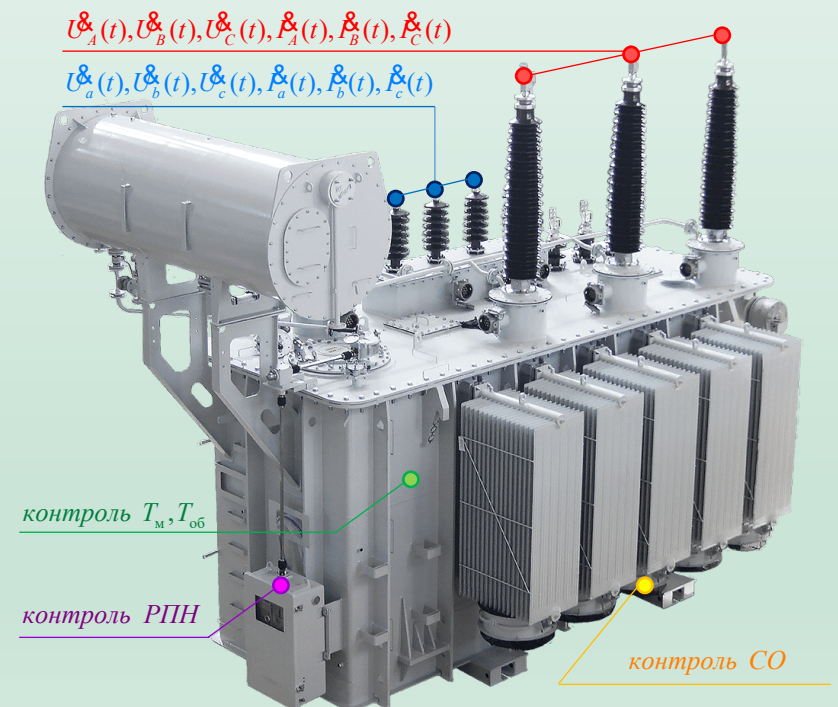
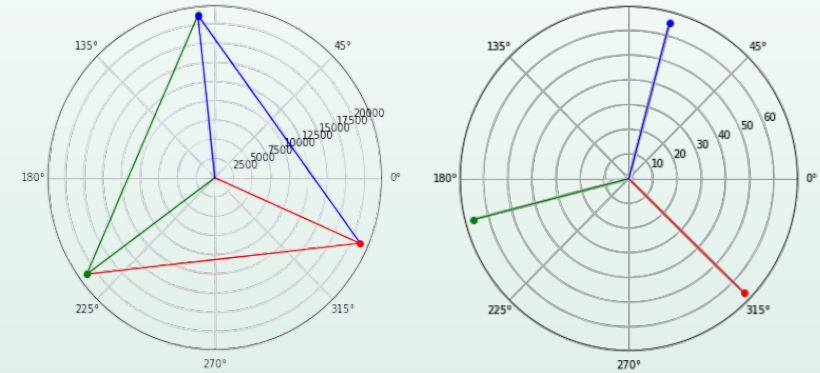
- синхронизированные векторы (синхровекторы) фазных токов и напряжений трансформатора всех обмоток, частота сети
- фазные активные и реактивные мощности обмоток
- параметры качества электроэнергии

Дополнительные измерения:

- положение ступени РПН
- температурные датчики (температура масла, обмоток)
- состояние электродвигателей системы охлаждения (СО)

Оцениваемые диагностические параметры:

- фазные потери активной и реактивной мощности
- импедансы продольной и поперечной ветвей схемы замещения
- потери холостого хода и короткого замыкания
- напряжение короткого замыкания и ток холостого хода
- фактический коэффициент трансформации по фазам
- параметры для прямой последовательности (обратной, нулевой)



исходное фото: <https://svel.ru/catalog/silovye-transformatory>



ООО «ЦИФРОВЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ»

ПРИНЦИП РАБОТЫ

Диагностические параметры

$DP, DQ, z_{12}, z_0, P_x, P_k, u_k, I_x, k_T$

Погрешности измерений

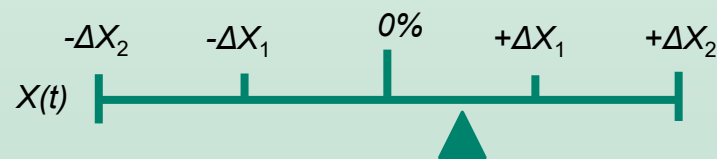
$dI, dU \text{ ® } DX$

Допустимые отклонения

ГОСТ Р 52719-2007

СТО 34.01-23.1-001-2017

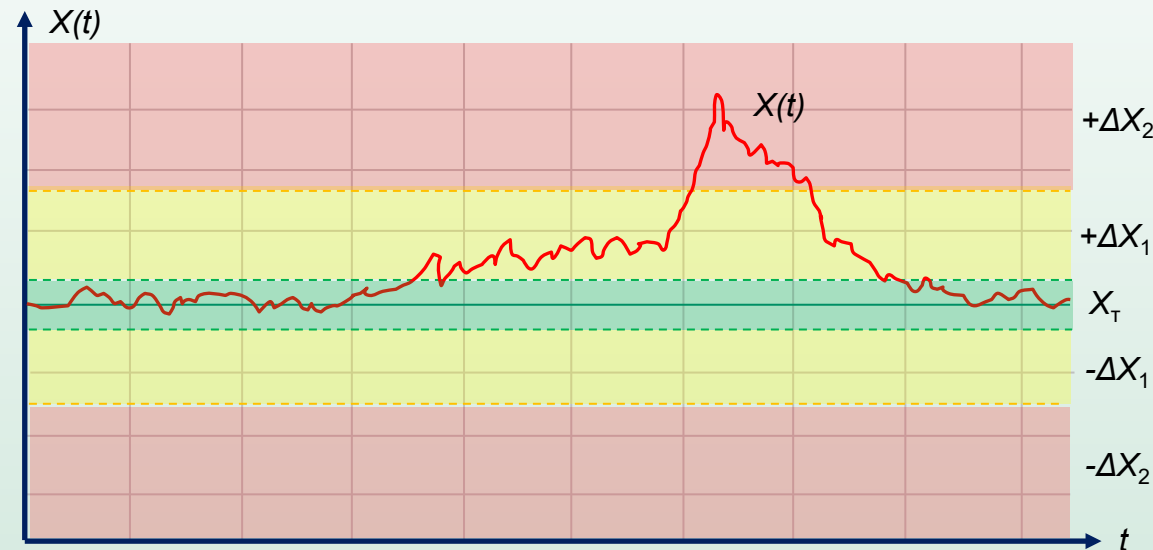
Диагностика



Сигнализация



Формирование отчетов



Приложение 1 к протоколу измерений.

Наименование СП: ЭСМ-НУ100-210-А2Э2-02А

Серийный номер СЭ: 48

Период проведения измерений(UTC+0): 2023.03.10 13:16:00 – 2023.03.10 13:17:00

Таблица 1 — Результаты измерений отклонений напряжений

Обозначение ПКЭ	Результат измерений	Нормативное значение	T ₁ , %
Напряжения фазы А			
ΔU _A , %	100.000	10.000	100.000
ΔU _A , %	0.000	10.000	0.000
Напряжения фазы В			
ΔU _B , %	100.000	10.000	100.000
ΔU _B , %	0.000	10.000	0.000
Напряжения фазы С			
ΔU _C , %	100.000	10.000	100.000
ΔU _C , %	0.000	10.000	0.000

Таблица 2 — Результаты измерений отклонений частоты

ПКЭ	Результат измерений	Нормативное значение	T ₁ , %	T ₂ , %
Δf _{норм} , Гц	0.000	0.200	0.000	
Δf _{норм} , Гц	0.000	0.200	0.000	
Δf _{норм} , Гц	0.000	0.400		0.000
Δf _{норм} , Гц	0.000	0.400		0.000

Таблица 3 — Результаты измерений коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности

Обозначение ПКЭ	Результат измерений	Нормативное значение	T ₁ , %	T ₂ , %
K _{норм} , %	0.000	2.000	0.000	
K _{норм} , %	0.000	4.000		0.000

Таблица 4 — Результаты измерений коэффициента несимметрии напряжений по нулевой последовательности

Обозначение ПКЭ	Результат измерений	Нормативное значение	T ₁ , %	T ₂ , %
K _{норм} , %	0.000	2.000	0.000	
K _{норм} , %	0.000	4.000		0.000

Таблица 5 — Результаты измерений суммарных коэффициентов гармонических составляющих фазных напряжений

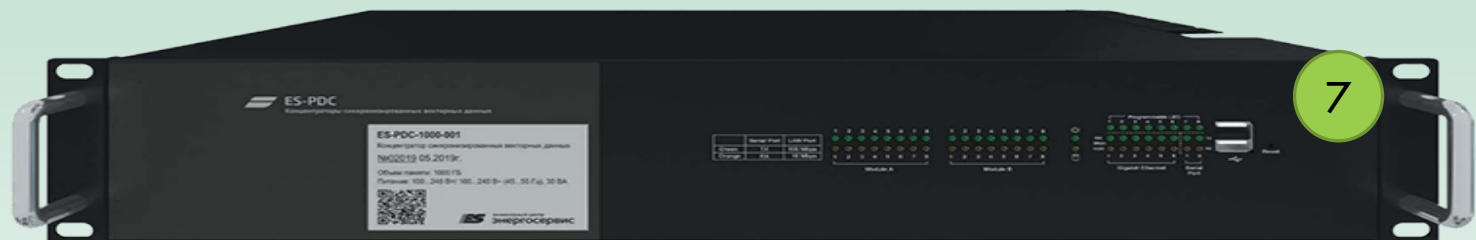
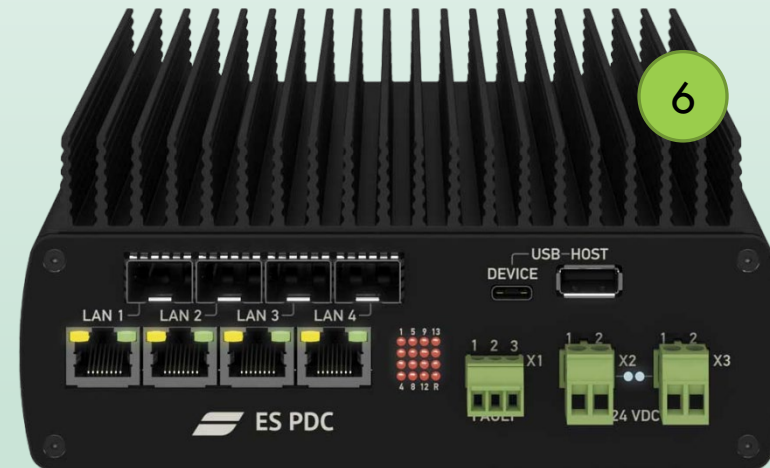
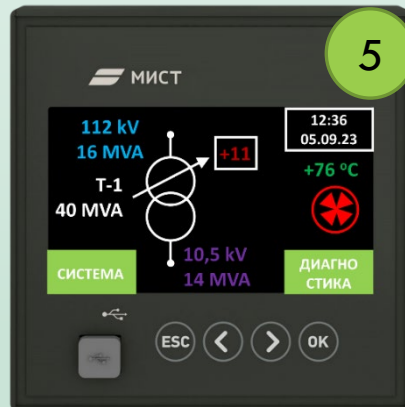
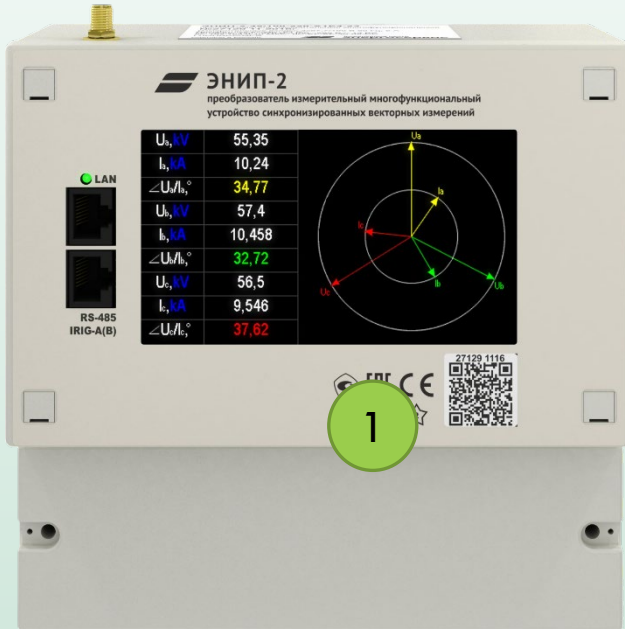
Напряжения А	Напряжения В	Напряжения С
--------------	--------------	--------------

Таблица 6 — Результаты измерений коэффициентов гармонических составляющих фазных напряжений по фазе а

Результат измерений гармонических составляющих фазных напряжений группы А														
а	Напряжения А				Напряжения В				Напряжения С				Нормативное значение	
	Измеряемое	T1	T2	Классиф.	Измеряемое	T1	T2	Классиф.	Измеряемое	T1	T2	Классиф.		
2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.500	2.750
3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	4.400
4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.500	3.000
5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.400	6.000
6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.300	4.410
7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.200	4.500
8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.150	4.110
9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.100	3.000
10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.080	4.410
11	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.060	3.000
12	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.050	3.000
13	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.040	3.000
14	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.300	3.000
15	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.200	3.000
16	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.150	3.000
17	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.100	3.000
18	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.080	3.000
19	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.060	1.500
20	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.050	3.000
21	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.040	3.000
22	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.300	3.000
23	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.200	3.000
24	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.150	3.000
25	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.100	3.000
26	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.080	3.000
27	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.060	3.000
28	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.050	3.000
29	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.040	3.000
30	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.300	3.000
31	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.200	1.500
32	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.150	3.000
33	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.100	3.000
34	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.080	3.000
35	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.060	3.000



ОСНОВНОЙ СОСТАВ ОБОРУДОВАНИЯ



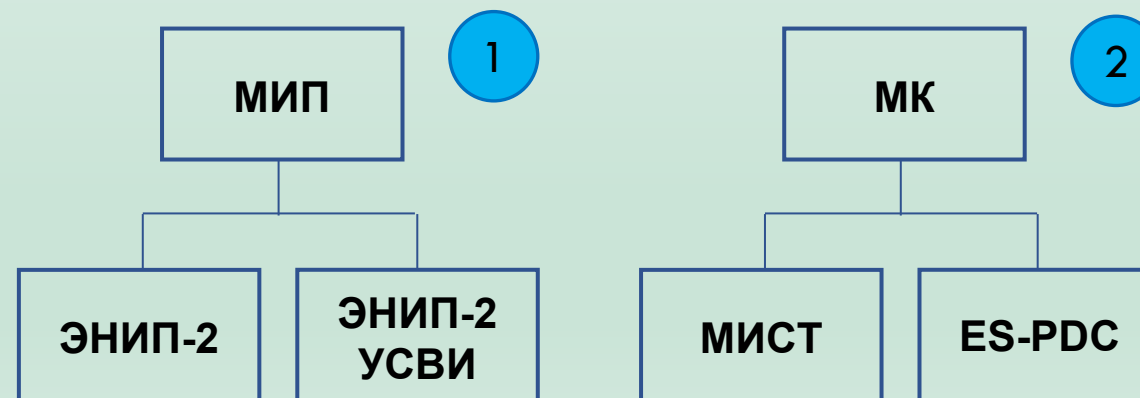
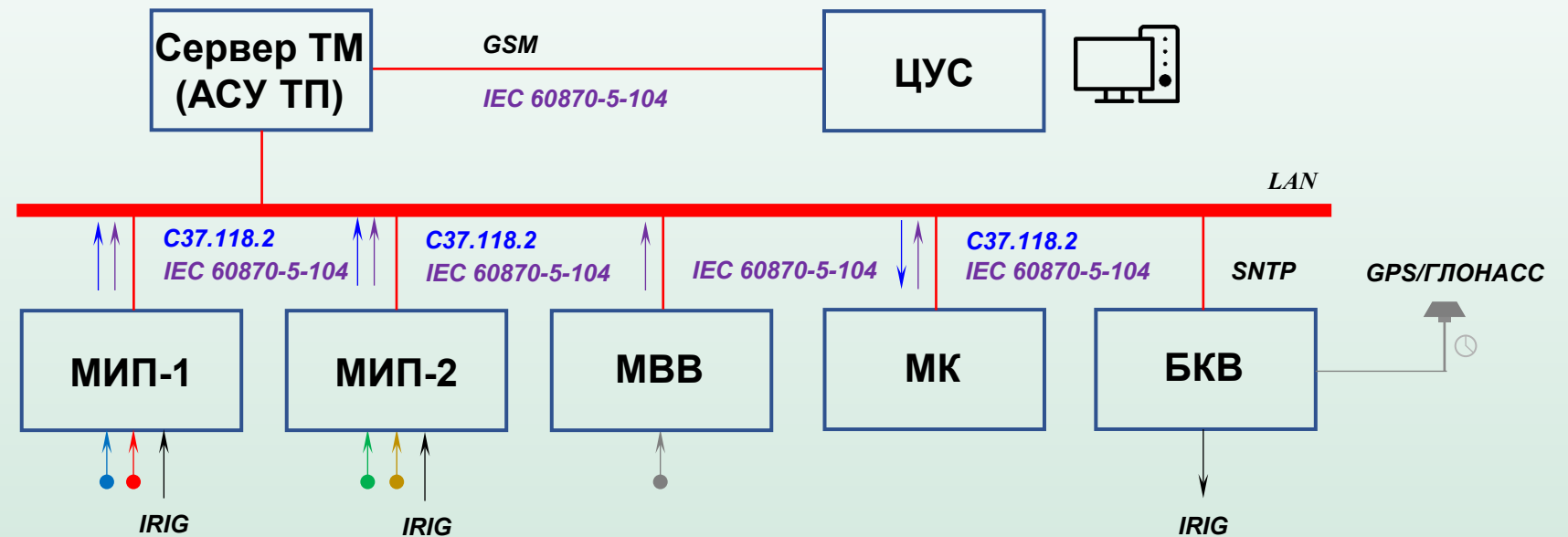
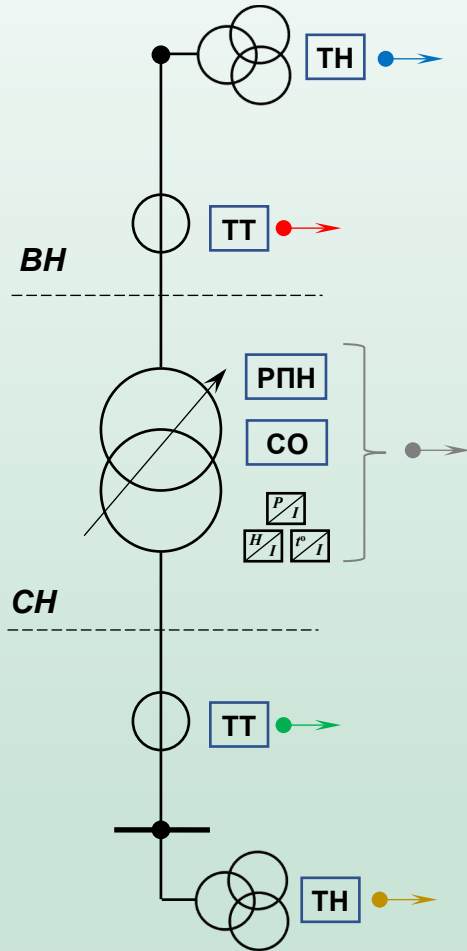
Оборудование:

1. ЭНИП-2 УСВИ (PMU) – устройство синхронизированных векторных измерений (МИПТ).
2. ЭНКС-2 – блок коррекции времени (БКВ).
3. ЭНМВ-1 – модуль ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов (MBV).
4. ЭНКС-3м – устройство сбора и передачи данных (сервер телемеханики).
5. МИСТ – модуль индикации состояния силового трансформатора (контроллер, устройство обработки данных).
- 6-7. ES-PDC – устройство хранения (концентратор) данных синхронизированных векторных измерений.



ООО «ЦИФРОВЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ»

МОДИФИКАЦИИ



Модификации:

- 1.1. На базе ЭНИП-2 (без СВИ) – простая модификация для необслуживаемых ПС с минимальным набором диагностических параметров.
- 1.2. На базе ЭНИП-2-УСВИ – полный набор диагностических параметров.
- 2.1. На базе МИСТ – локальная работа СМСТ с возможностью обмена данными с ЦУС.
- 2.2. На базе ES-PDC – отдельный веб-интерфейс, долгосрочное хранение данных СВИ.



ООО «ЦИФРОВЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ»

МОДУЛЬ ИНДИКАЦИИ СОСТОЯНИЯ (МИСТ)



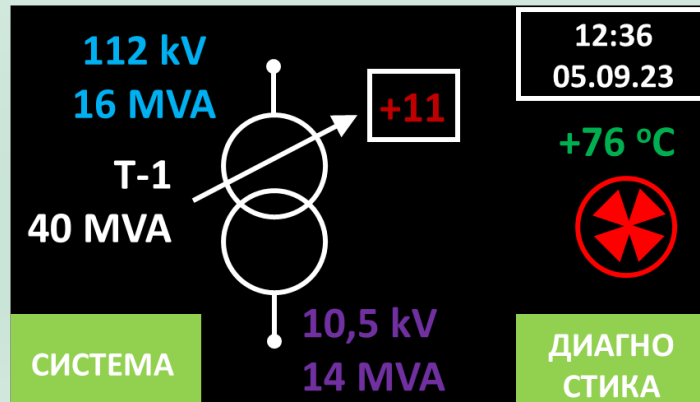
Сигнал.

СИСТЕМА

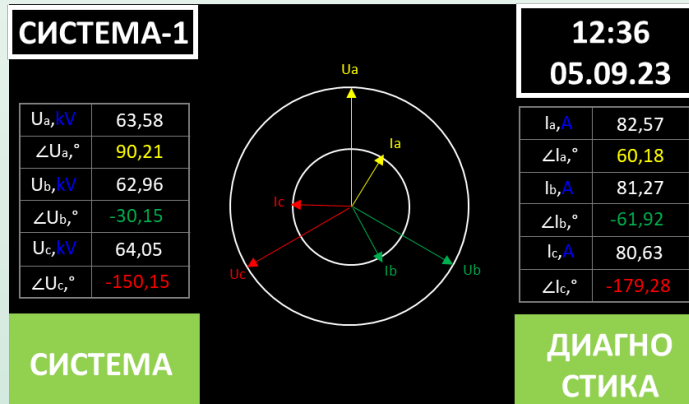
ДИАГНОСТИКА

ДИАГНОСТИКА

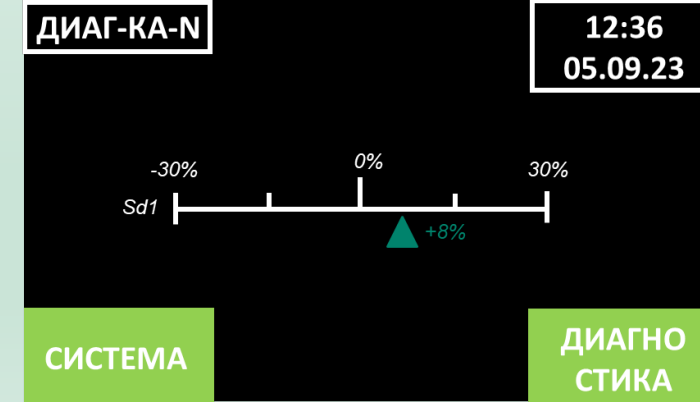
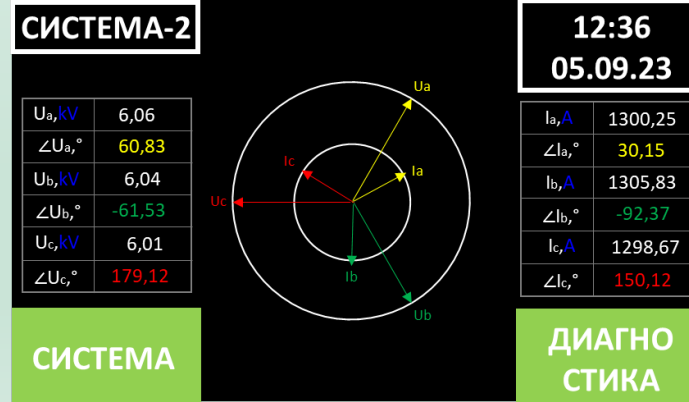
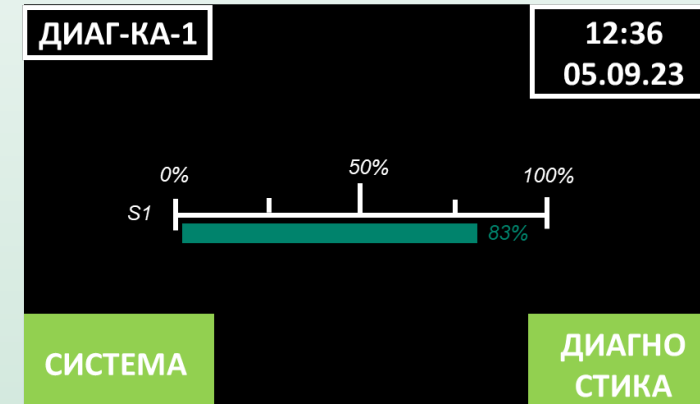
Главное меню



СИСТЕМА



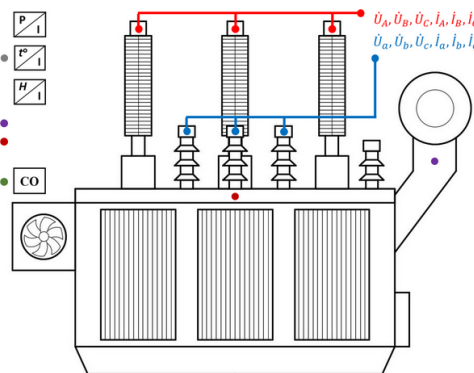
ДИАГНОСТИКА





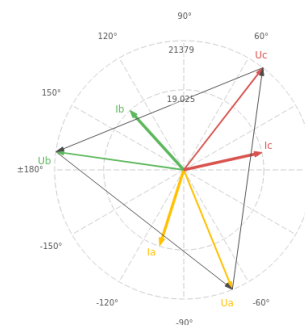
ВЕБ-ИНТЕРФЕЙС

Мониторинг трансформатора

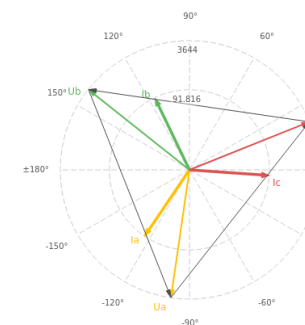


	Напряжение, В	Ток, А
• A	21335 $\angle -67.820^\circ$	19 $\angle -107.565^\circ$
• B	21339 $\angle 171.939^\circ$	19 $\angle 132.194^\circ$
• C	21379 $\angle 52.244^\circ$	19 $\angle 12.498^\circ$
• A	3638 $\angle -98.233^\circ$	92 $\angle -124.075^\circ$
• B	3638 $\angle 141.526^\circ$	91 $\angle 115.684^\circ$
• C	3644 $\angle 21.830^\circ$	92 $\angle -4.012^\circ$
	Расчётное	Теоретическое
Kt	5.833	5.806
Z12	3.8 + j13.6	1.2 + j10.9
Z0	358.5 + j4110.2	370 + j4100
Uкз	2115.095	1823
Ixx	5.388	4.949
ΔS	113580.072	114354.791

Сторона высокого напряжения



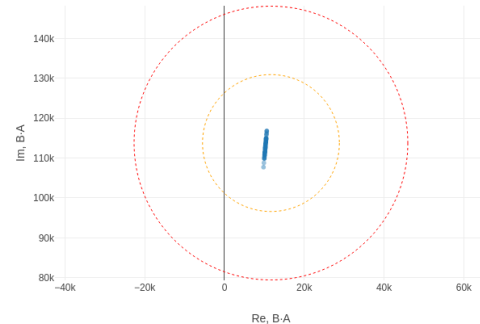
Сторона низкого напряжения



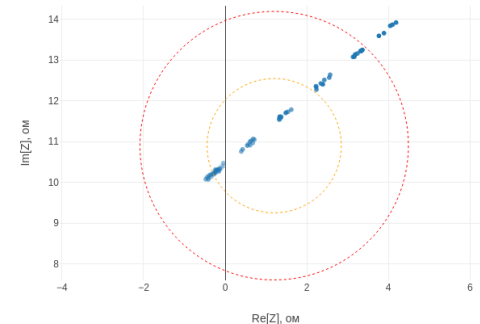
Потери полной мощности |ΔS|



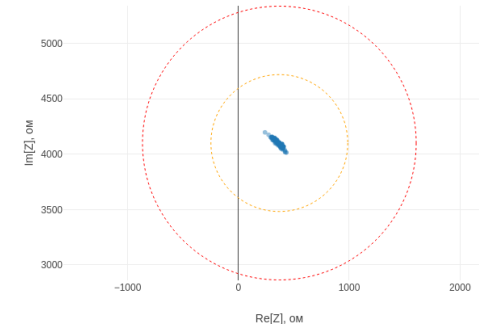
Потери полной мощности ΔS



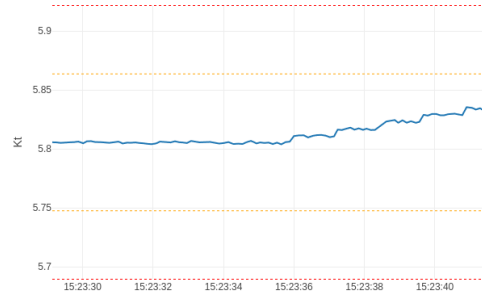
Импеданс Z12



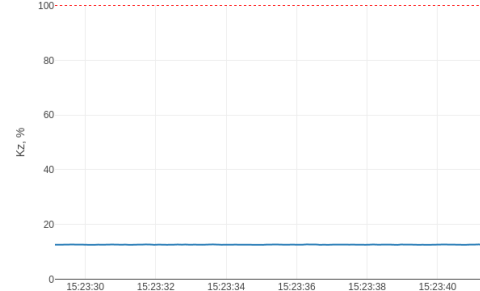
Импеданс Z0



Коэффициент трансформации



Коэффициент загрузки



Напряжение КЗ



Ток ХХ



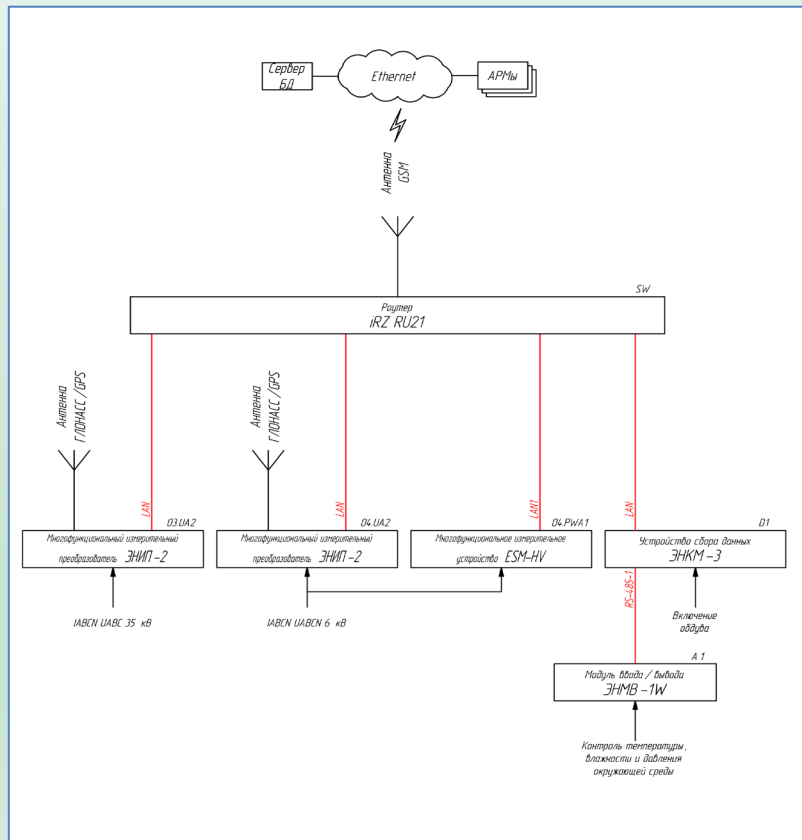
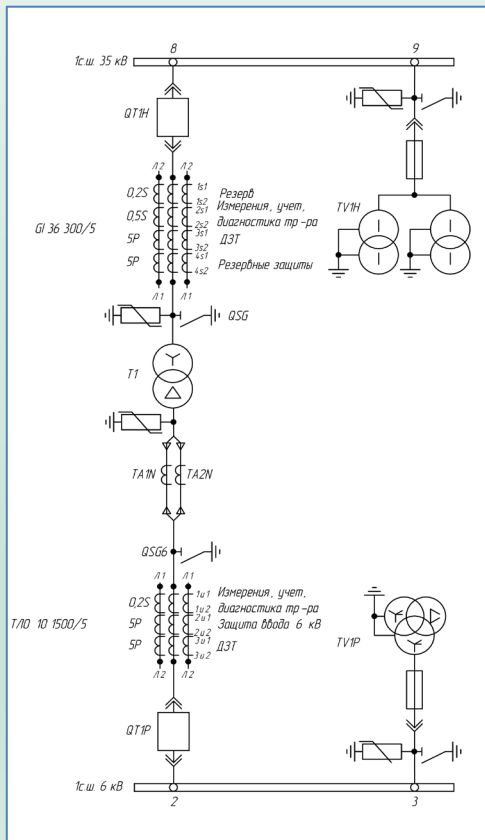


ООО «ЦИФРОВЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ»

ВНЕДРЕНИЕ

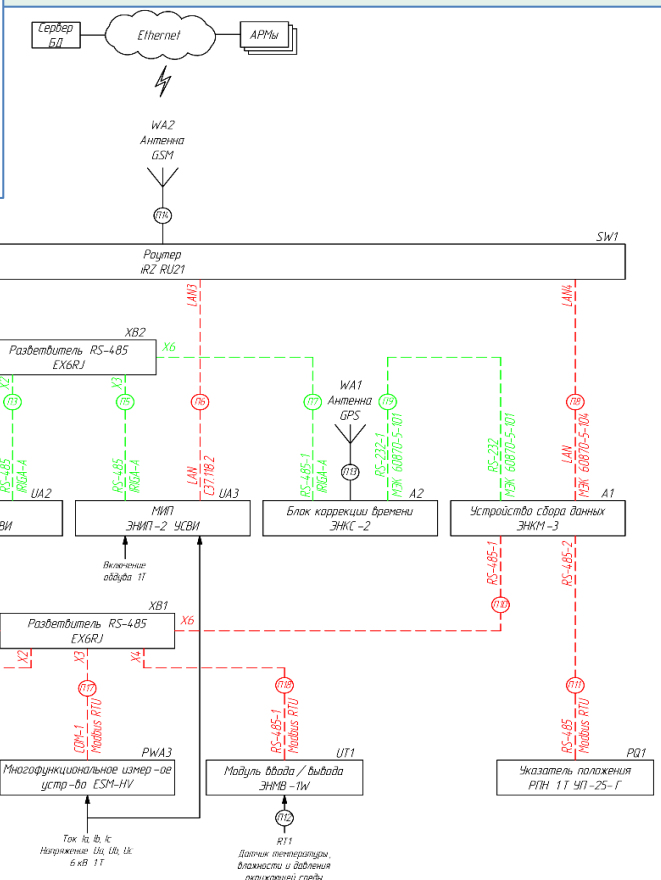
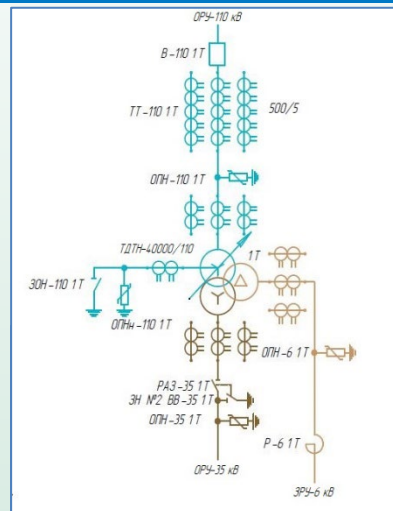
ПС № 8 (Архангельск)

- опытно-промышленная эксплуатация
- двухобмоточный трансформатор ТД-10000/35, 35/6 кВ, 10 МВА
- СМСТ функционирует с 2018 года



ПС № 7 (Архангельск)

- опытно-промышленная эксплуатация
- трехобмоточный трансформатор ТДТН-40000/110, 110/35/6 кВ, 40 МВА
- СМСТ функционирует с 2020 года





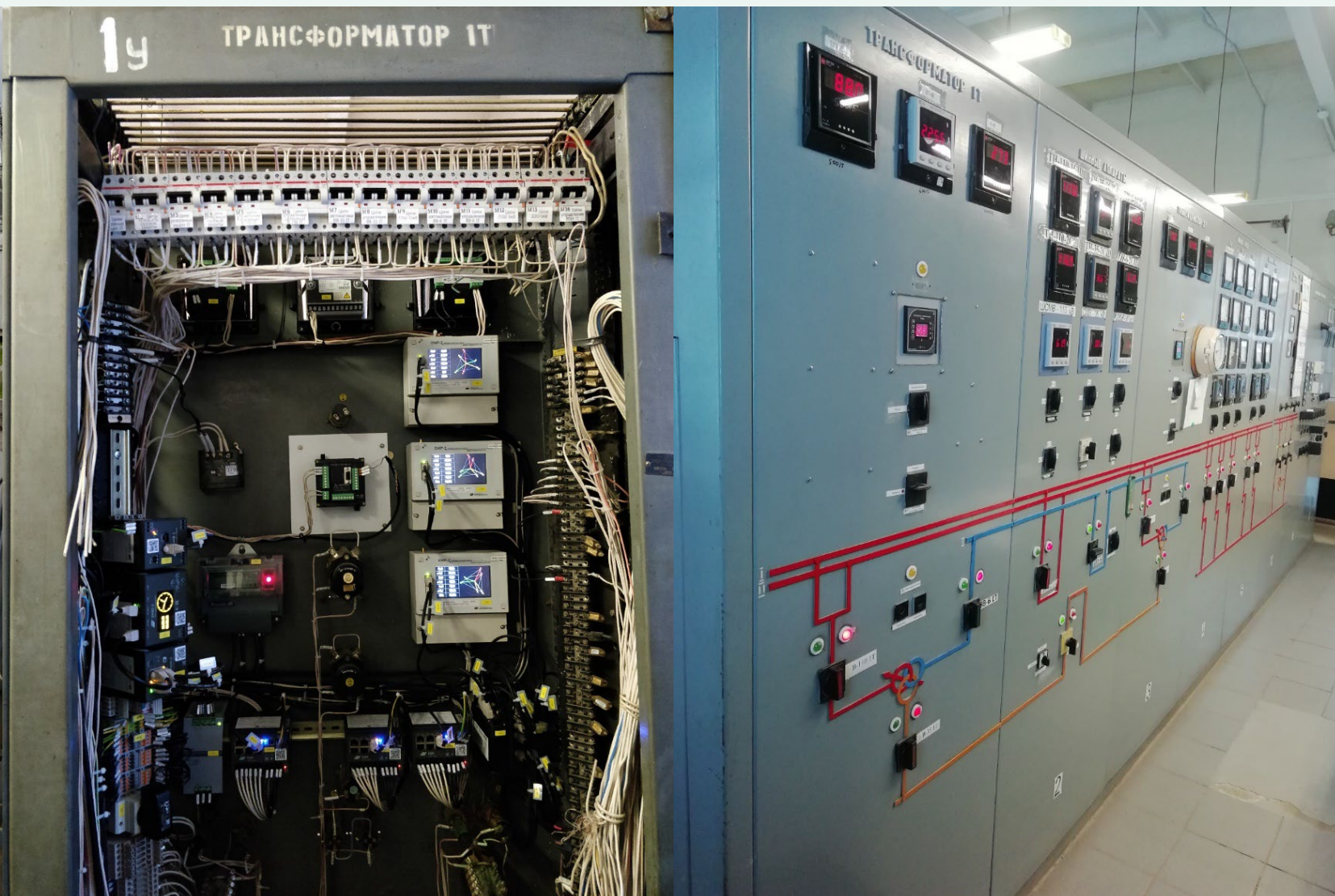
ООО «ЦИФРОВЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ»

ФОТО С ОБЪЕКТА

ПС № 8 (Архангельск)



ПС № 7 (Архангельск)



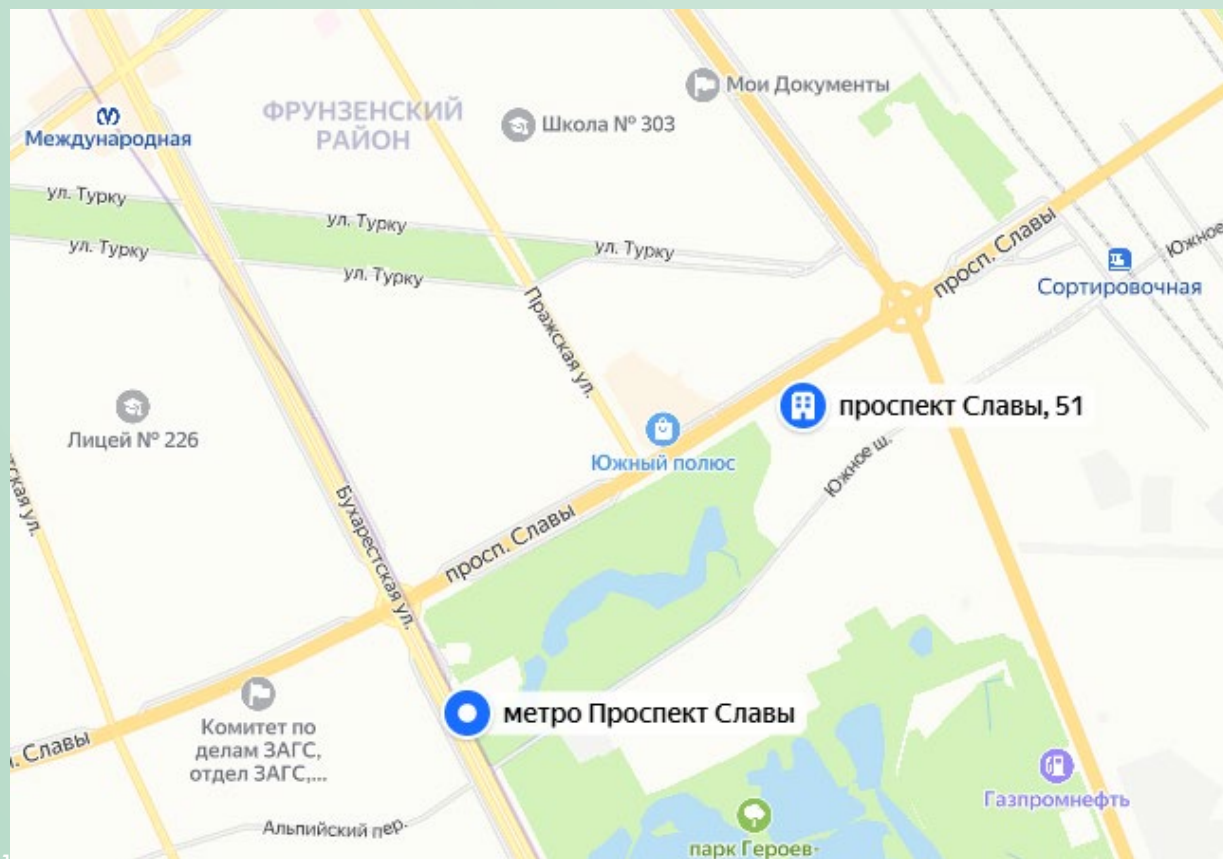


Благодарим за внимание

Общество с ограниченной ответственностью

«Цифровые Электрические Системы и Сети»

ИНН 7816414834 КПП 781601001 ОГРН 1077847399288



192241, город Санкт-Петербург,
проспект Славы, дом 51, литер А,
помещение 67-н офис 6

Тел. (812) 426-40-24

e-mail: ooocesis@gmail.com