



КОНКУРС
«ЦИФРОВАЯ ЭНЕРГИЯ»

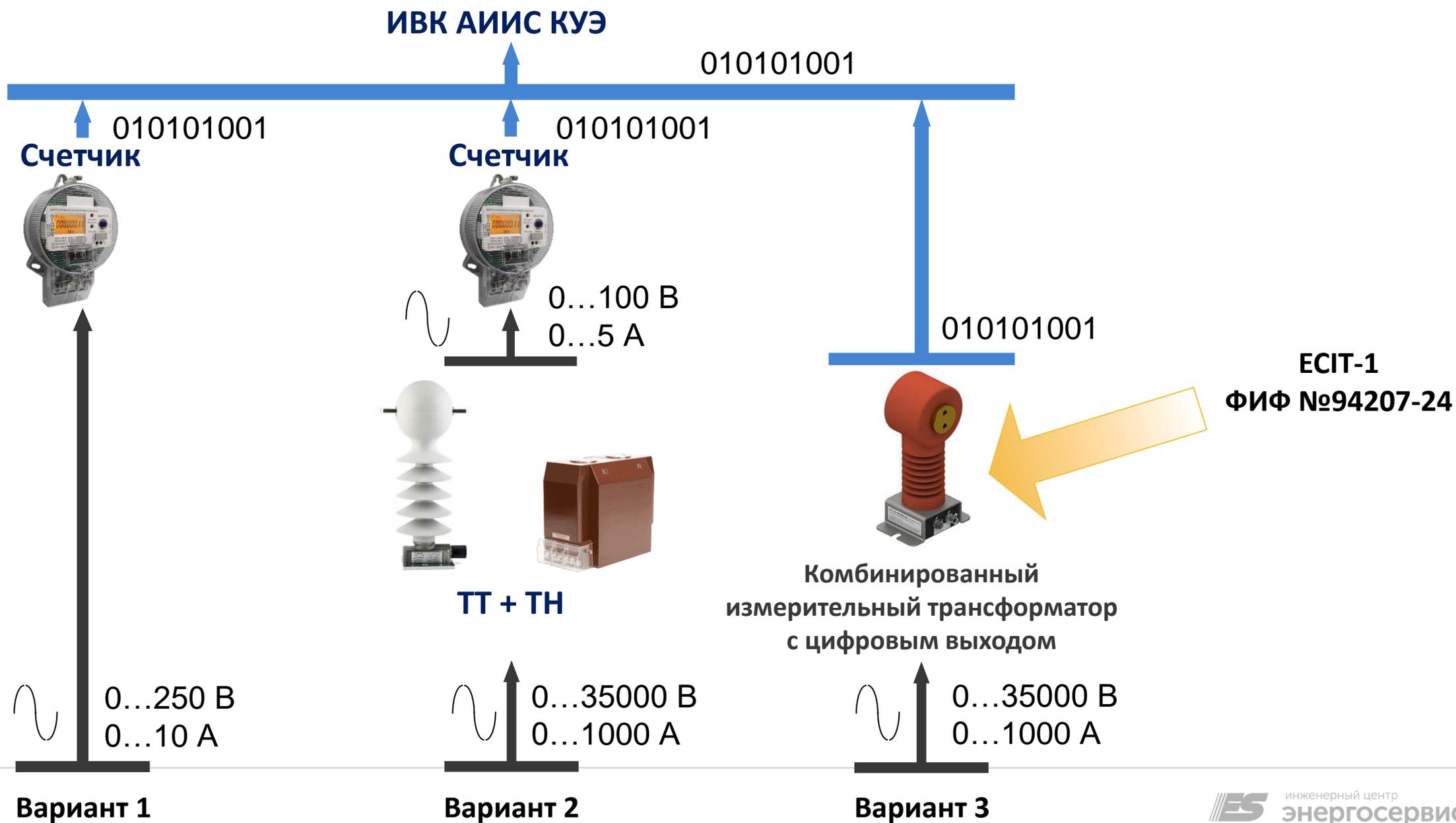
**Комбинированный
измерительный трансформатор
тока и напряжения
с цифровым выходом**

Ульянов Дмитрий Николаевич

ООО «Инженерный центр «Энергосервис»

Москва

02-04 декабря 2025



Суть проекта – ЕСИТ-1

Суть проекта заключается в создании цифрового измерительного трансформатора, соответствующего требованиям серии стандартов IEC 61869 «Трансформаторы измерительные», для решения широкого круга задач в электроэнергетике с новыми качеством и возможностями.



ЕСИТ-1

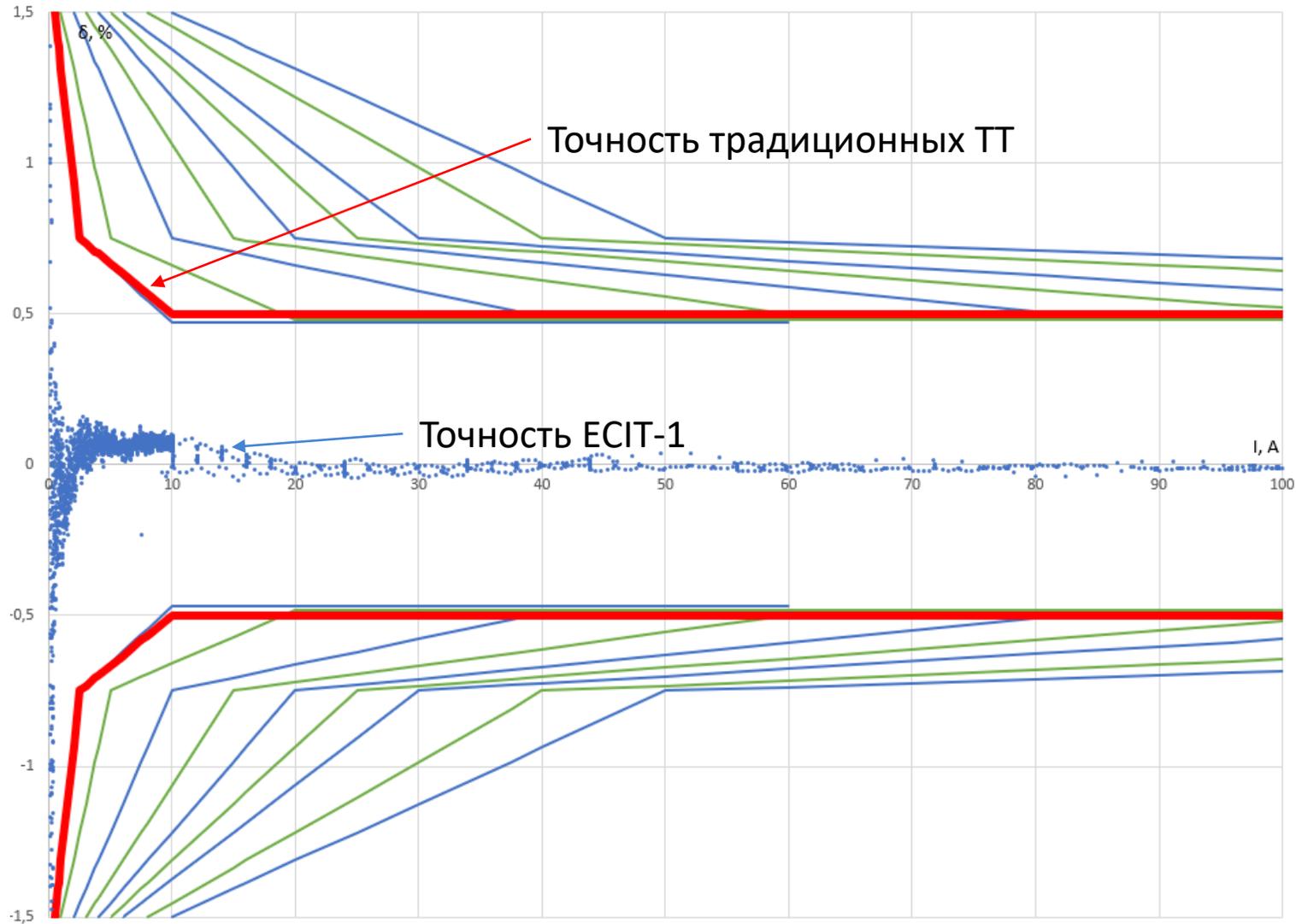
ФИФ №94207-24

Наименование характеристики	Значение
Диапазон номинального напряжения переменного тока $U_{\text{НОМ}}$, В	от 3000/ $\sqrt{3}$ до 16000/ $\sqrt{3}$
Класс точности по напряжению для измерений/защиты по ГОСТ Р МЭК 60044-7-2010	0,5/3P
Номинальный первичный ток $I_{\text{НОМ}}$, А	50
Номинальный расширенный первичный ток $I_{\text{ркр}}$, А	1000
Класс точности по току для измерений/защиты по ГОСТ Р МЭК 61869-2-2015	0,5S/5PR
Пределы допускаемой абсолютной угловой погрешности сдвига фаз между напряжением и током (для измерений/защиты), мин	15/30
Ток секундной термической стойкости I_{th} , кА	25
Ток электродинамической стойкости I_{dyn} , кА	63
Количество измеряемых фаз	1
Тип входа синхронизации времени	1PPS, IRIG, PTP



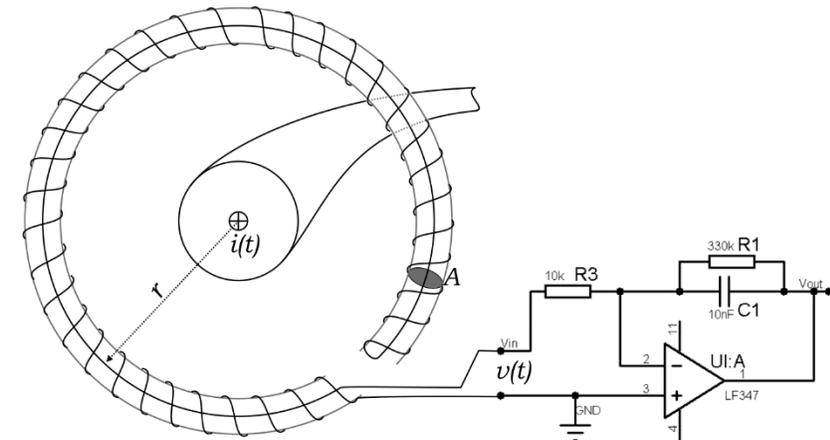
Комбинированный
измерительный трансформатор
тока
и напряжения
с цифровым выходом

IEC 61869-4
IEC 61869-1
IEC 61869-2, IEC 61869-8
IEC 61869-3, IEC 61869-5, IEC 61869-7
IEC 61869-9

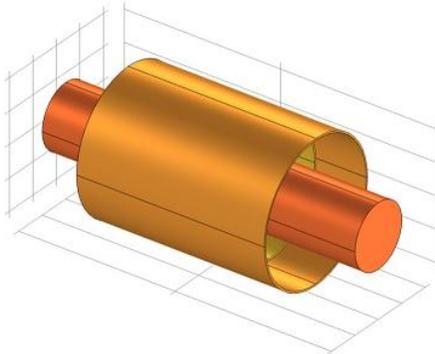
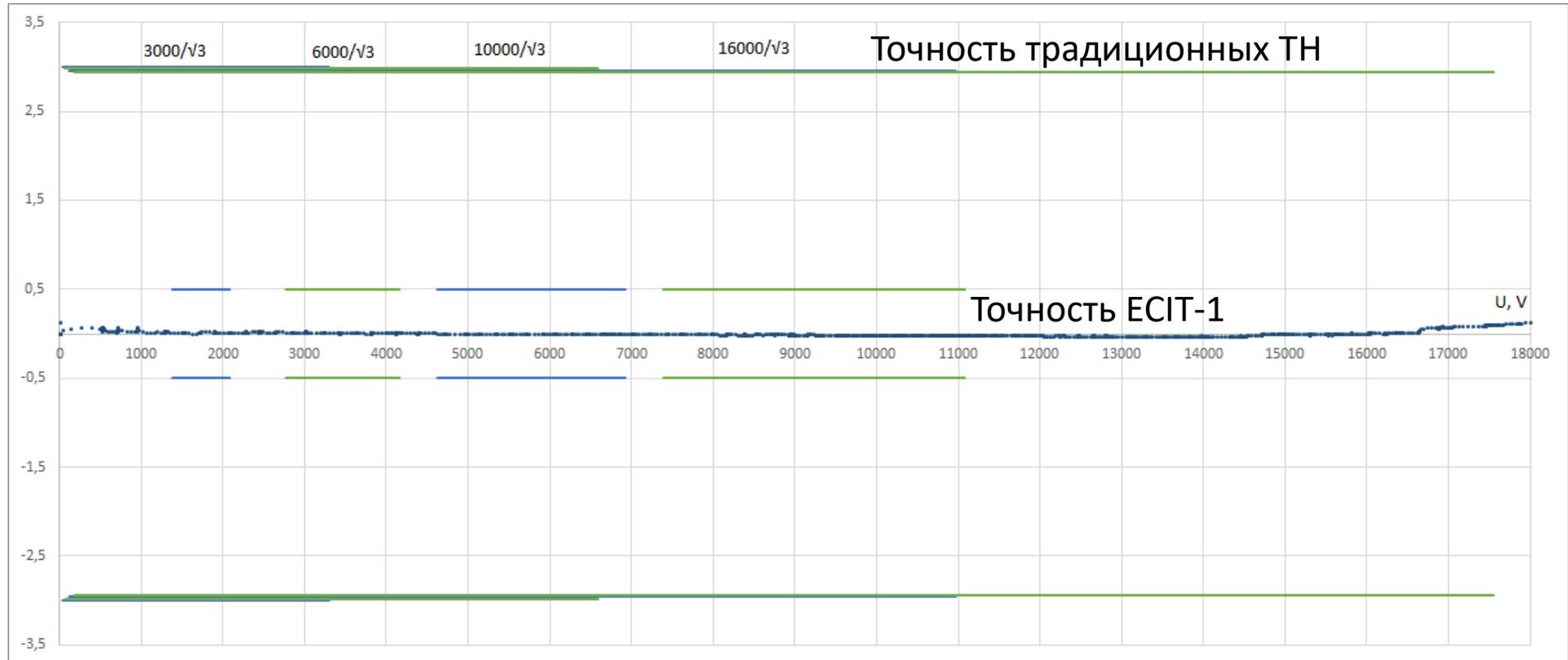


Относительная погрешность, %	$\pm 0,75$ при $0,01 \cdot I_{НОМ} \leq I < 0,05 \cdot I_{НОМ}$ $\pm 0,5$ при $0,05 \cdot I_{НОМ} \leq I \leq 20 \cdot I_{НОМ}$
Угловая погрешность, '	± 45 при $0,01 \cdot I_{НОМ} \leq I < 0,05 \cdot I_{НОМ}$ ± 30 при $0,05 \cdot I_{НОМ} \leq I \leq 20 \cdot I_{НОМ}$

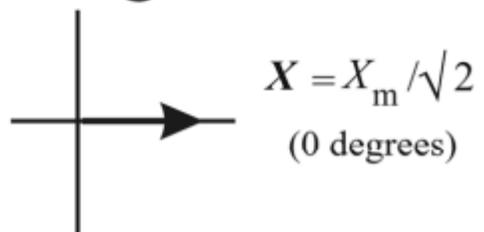
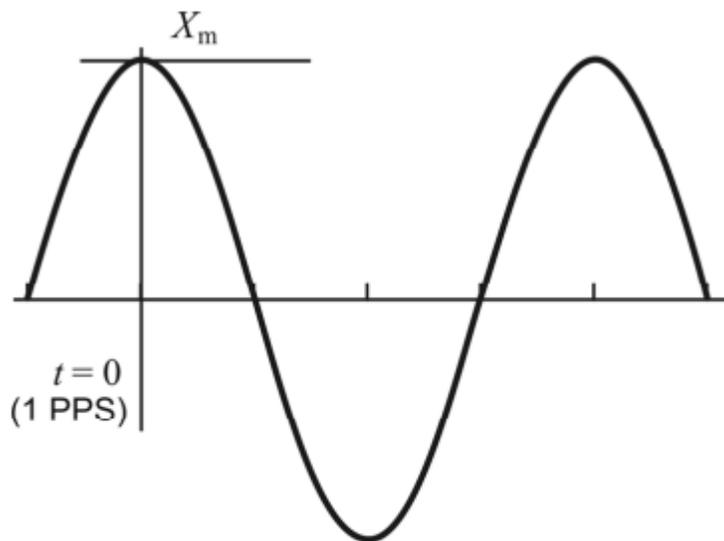
- 50
- 100
- 200
- 300
- 400
- 500
- 600
- 800
- 1000
- ЕСИТ
- ЕСИТ



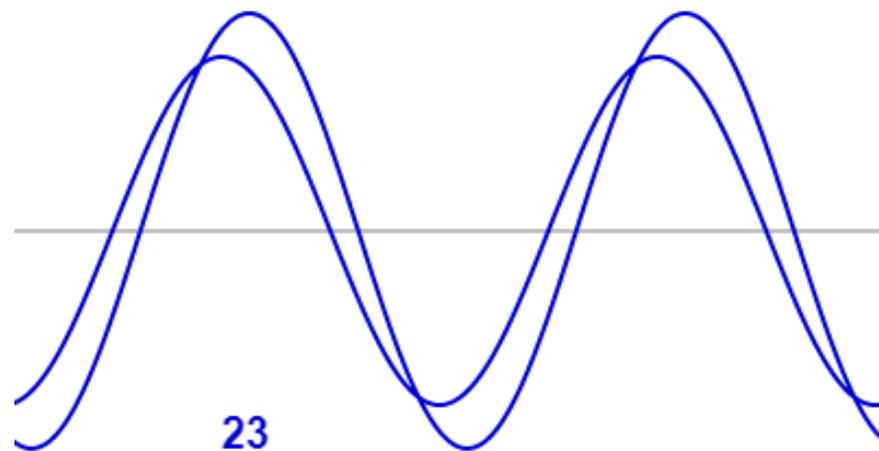
Увеличенный диапазон измерений напряжения ЕСИТ-1



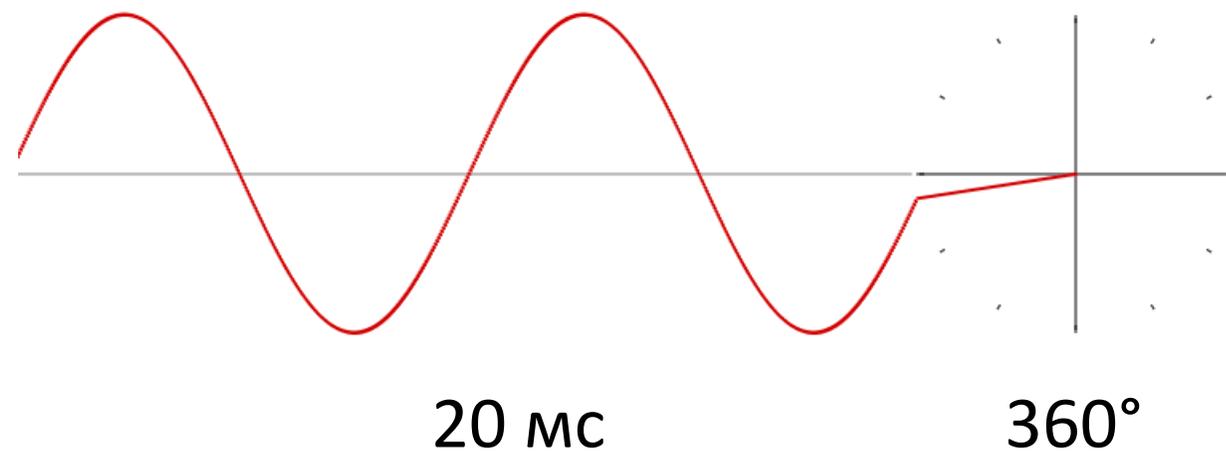
	для измерений	для защиты
Относительная погрешность, %	$\pm 0,5$ при $0,8 \cdot U_{\text{НОМ}} \leq U \leq 1,2 \cdot U_{\text{НОМ}}$	± 3 при $0,02 \cdot U_{\text{НОМ}} \leq U \leq 1,9 \cdot U_{\text{НОМ}}$
Угловая погрешность, '	± 20 при $0,8 \cdot U_{\text{НОМ}} \leq U \leq 1,2 \cdot U_{\text{НОМ}}$	± 120 при $0,02 \cdot U_{\text{НОМ}} \leq U \leq 1,9 \cdot U_{\text{НОМ}}$



$$x(t) = X_m \cos(\omega_0 t + \phi)$$



	ϕ , МИН	t , МКС
0,1°	6	5,6
10'	10	9,3
20'	20	18,5
0,57°	34,38	31,8
1°	60	55,6
2°	120	111,1
5°	300	277,8





ЕСИТ-1

ФИФ №94207-24

Реализация проекта

Комбинированные измерительные трансформаторы ECIT-1 состоят из высоковольтного и электронного блоков. Масштабирование силы переменного тока выполняется при помощи катушки Роговского. Масштабирование напряжения переменного тока выполняется с помощью емкостного датчика с компенсацией нелинейных эффектов.

Трансформаторы разработаны в двух исполнениях:

- ECIT-1-15-50(1000)-24-TX2-R1;
- ECIT-1-15-50(1000)-24-FX2-R1.

Тип исполнения трансформатора – опорный.

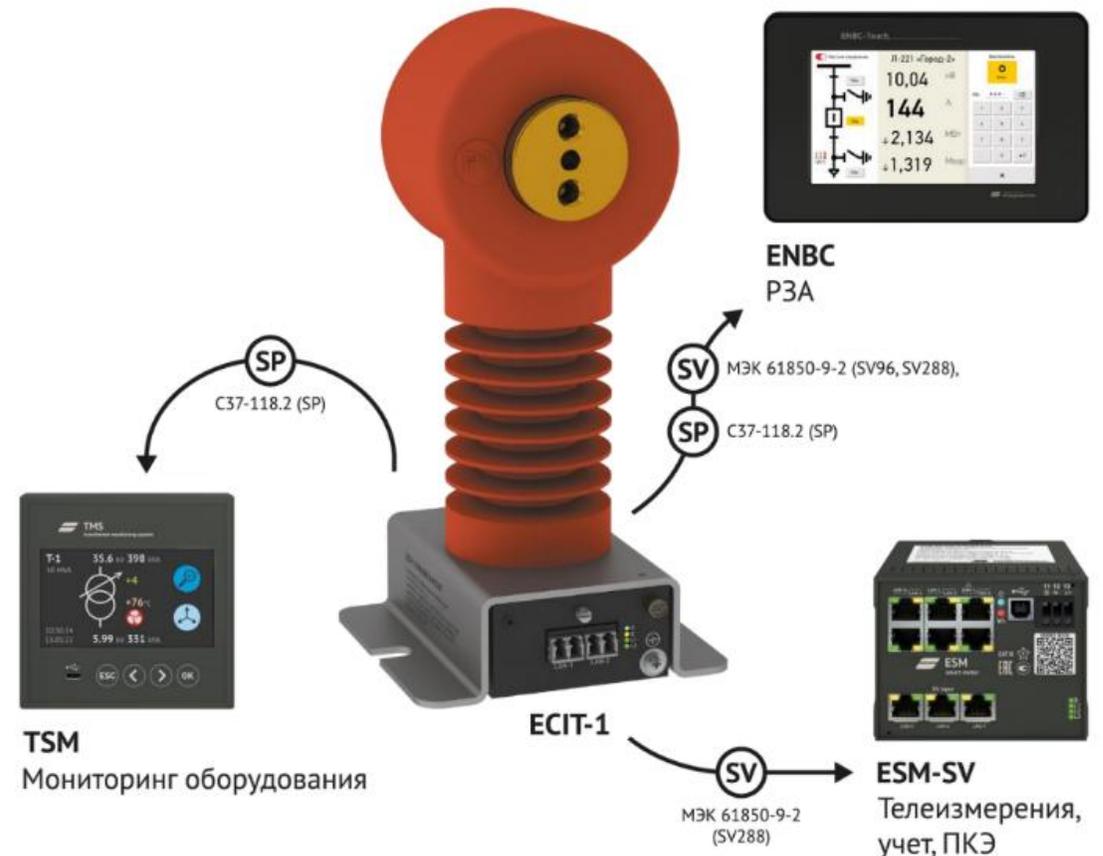
Оснащены двумя портами Ethernet 100Base-TX(FX), клеммами питания 24 В=, релейными выходами и клеммами для синхронизации (1PPS/IRIG-A).

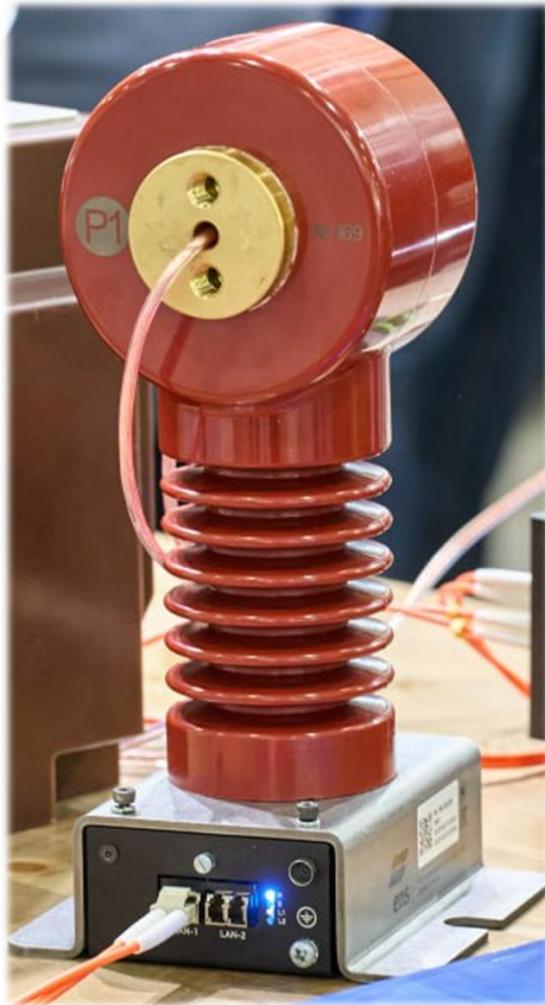
Класс напряжения до 15 кВ.

Наибольший рабочий ток 1000 А.

Поддерживаемые протоколы:

- SV-поток по МЭК 61869-9 (61850-9-2)
- синхронизация: PTPv2, 1PPS (IRIG-A/B)
- сигнализация срабатывания встроенных защит и диагностических сигналов по МЭК 61850-8-1
- измерения и сигнализация по МЭК 60870-5-104, Modbus, IEEE C37.118.2-2011.





<http://192.168.0.29>

ECIT Инфо Измерения Диагностика Архив ТС Архив UI Осциллограммы Журнал EN

№ 251

Обновлено в 27.08.2025, 16:09:36 Вид: Трёхфазный Автообновление: Вкл.

Синхровекторы
27.08.2025, 13:09:36.976 (UTC) синхр. (global)

<input checked="" type="checkbox"/>	\dot{U}_a , В	100.694	$\angle 221.823^\circ$
<input checked="" type="checkbox"/>	\dot{U}_b , В	5991.124	$\angle 102.720^\circ$
<input checked="" type="checkbox"/>	\dot{U}_c , В	6041.617	$\angle 342.256^\circ$
<input checked="" type="checkbox"/>	I_a , А	7.0753	$\angle 267.504^\circ$
<input checked="" type="checkbox"/>	I_b , А	490.4020	$\angle 146.895^\circ$
<input checked="" type="checkbox"/>	I_c , А	495.5491	$\angle 27.508^\circ$
<input checked="" type="checkbox"/>	\dot{U}_{ab} , В	6040.755	$\angle 101.885^\circ$
<input checked="" type="checkbox"/>	\dot{U}_{bc} , В	10444.930	$\angle 312.626^\circ$
<input checked="" type="checkbox"/>	\dot{U}_{ca} , В	6093.222	$\angle 163.073^\circ$
<input type="checkbox"/>	I_0 , А	163.5166	$\angle 86.687^\circ$
<input type="checkbox"/>	I_t , А	330.9814	$\angle 267.201^\circ$
<input type="checkbox"/>	I_2 , А	160.4713	$\angle 87.738^\circ$
<input type="checkbox"/>	\dot{U}_0 , В	1957.887	$\angle 42.072^\circ$
<input type="checkbox"/>	\dot{U}_1 , В	4044.442	$\angle 222.482^\circ$
<input type="checkbox"/>	\dot{U}_2 , В	1985.979	$\angle 42.919^\circ$

Энергии
27.08.2025, 13:09:36 (UTC)

W_{aP+} , Вт·ч	14976
W_{aP-} , Вт·ч	135
W_{aQ+} , вар·ч	484
W_{aQ-} , вар·ч	3224
27.08.2025, 13:09:36 (UTC)	
W_{bP+} , Вт·ч	4904
W_{bP-} , Вт·ч	871
W_{bQ+} , вар·ч	417
W_{bQ-} , вар·ч	4014
27.08.2025, 13:09:36 (UTC)	
W_{cP+} , Вт·ч	4214
W_{cP-} , Вт·ч	935
W_{cQ+} , вар·ч	1382
W_{cQ-} , вар·ч	2827
27.08.2025, 13:09:36 (UTC)	
W_{P+} , Вт·ч	24094
W_{P-} , Вт·ч	1941
W_{Q+} , вар·ч	2283
W_{Q-} , вар·ч	10065

Дискретные сигналы

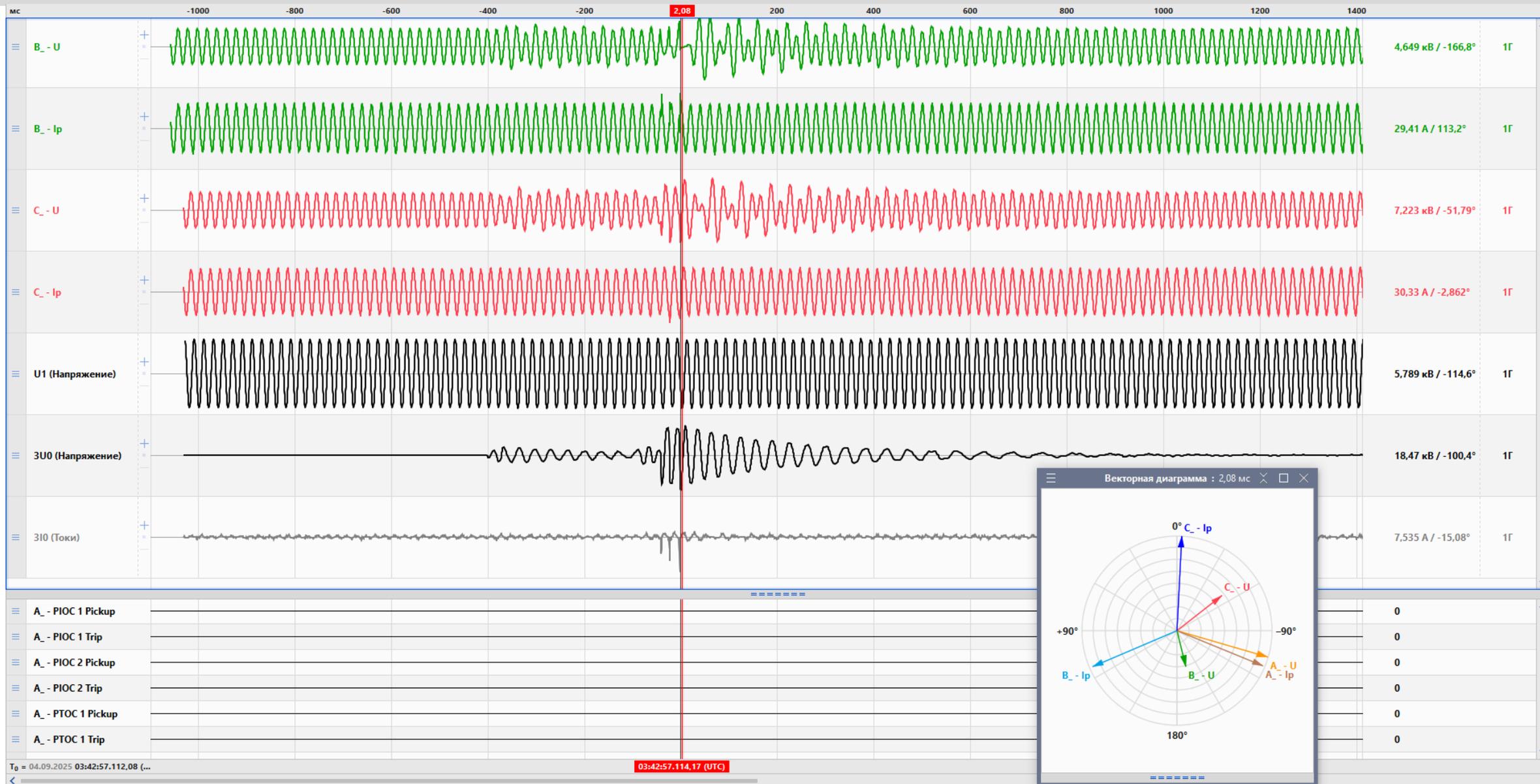
Токовая отсечка (ТО) 1	ПУСК	СРАБ
Токовая отсечка (ТО) 2	ПУСК	СРАБ
Макс. токовая защита (МТЗ) 1	ПУСК	СРАБ
Макс. токовая защита (МТЗ) 2	ПУСК	СРАБ
Сбой питания	ОТКЛ	
Запись осциллограммы	ОТКЛ	
Выход реле	ОТКЛ	

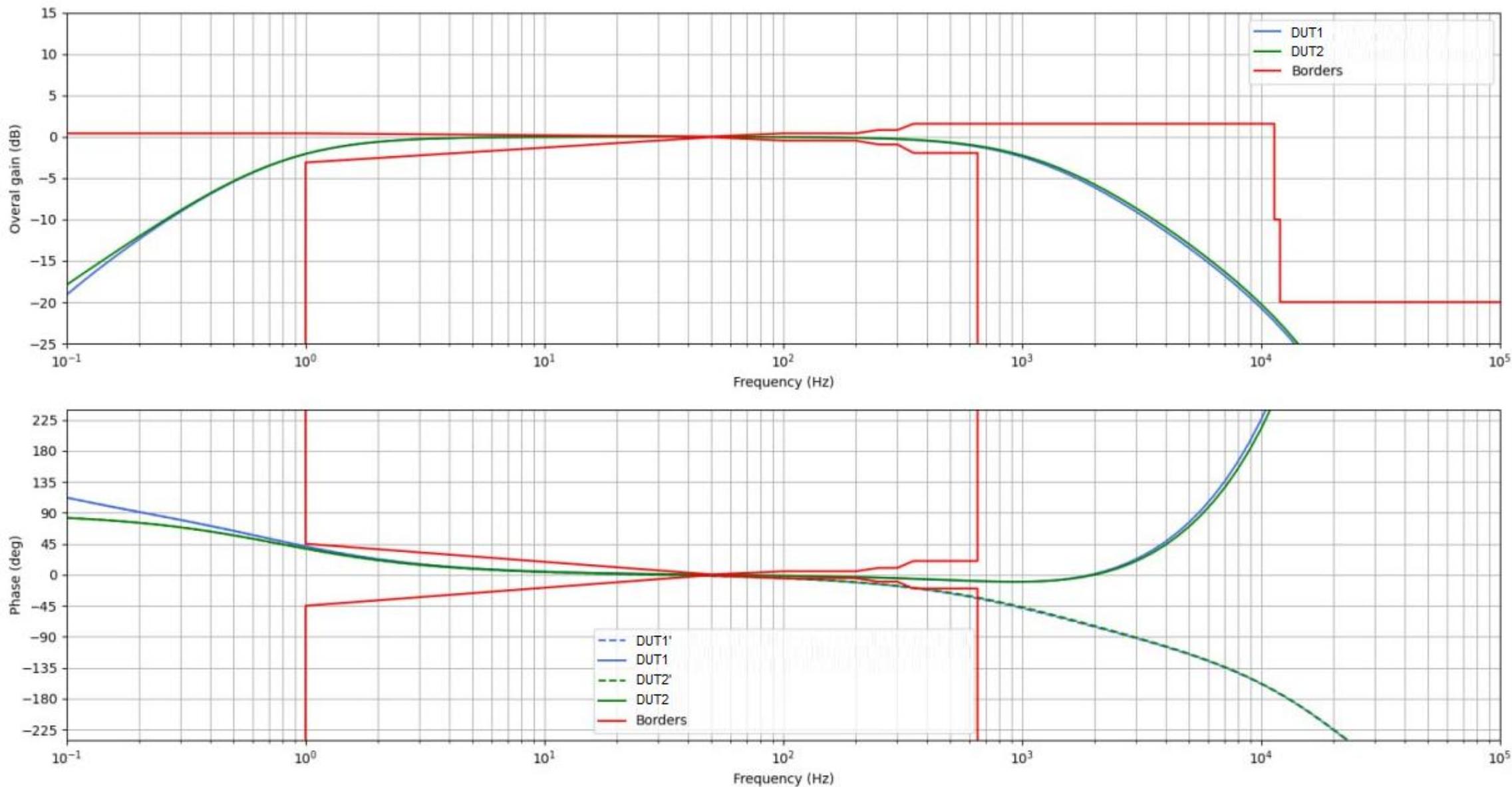
 A phasor diagram showing three-phase voltage vectors \dot{U}_a , \dot{U}_b , and \dot{U}_c on a circular grid. The grid has angles from 0° to 330° in 30° increments. \dot{U}_a is a red vector pointing towards 30° , \dot{U}_b is a green vector pointing towards 120° , and \dot{U}_c is a blue vector pointing towards 210° .

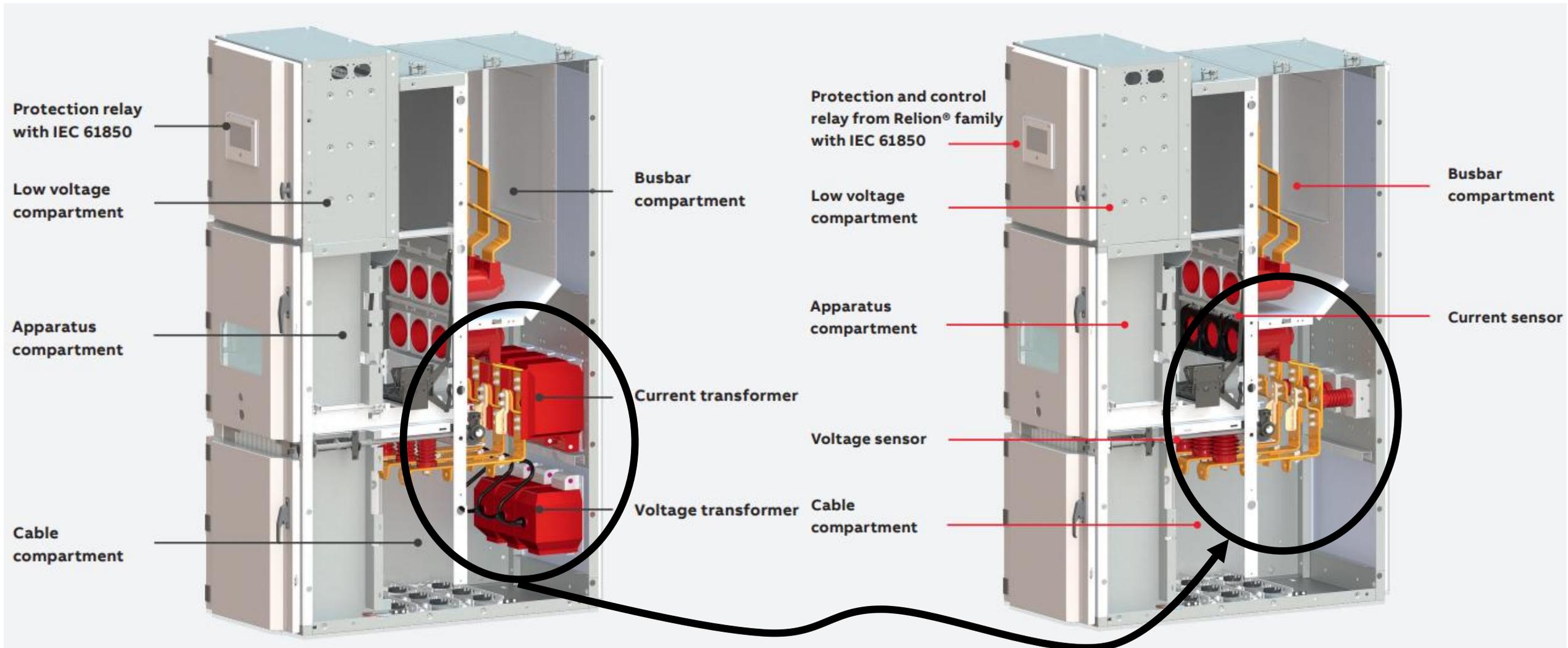
ЕСИТ обеспечивает релейную защиту присоединения:

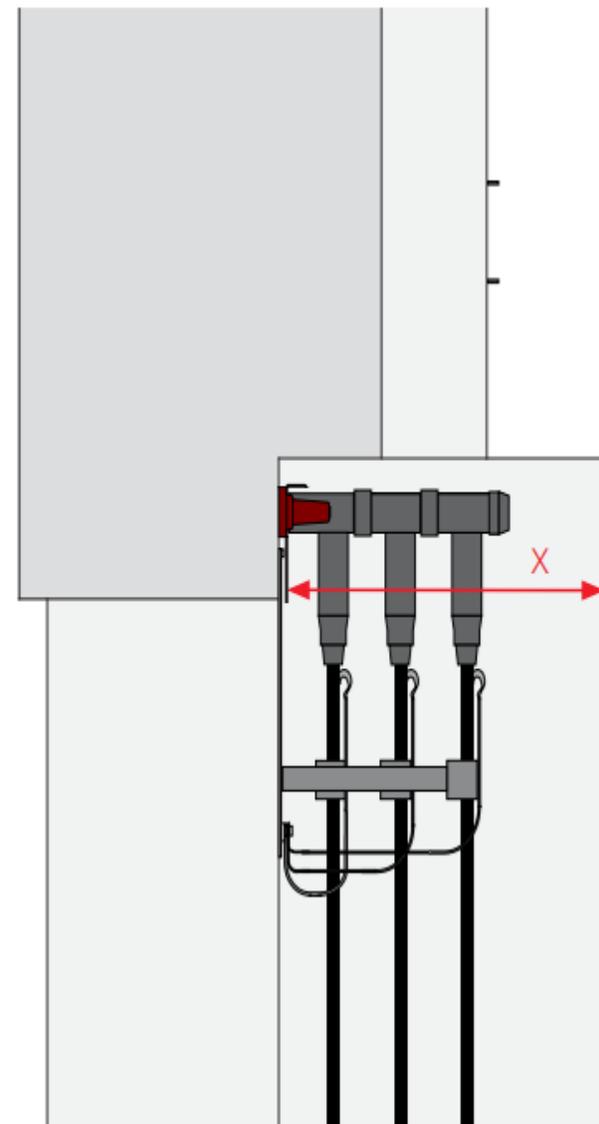
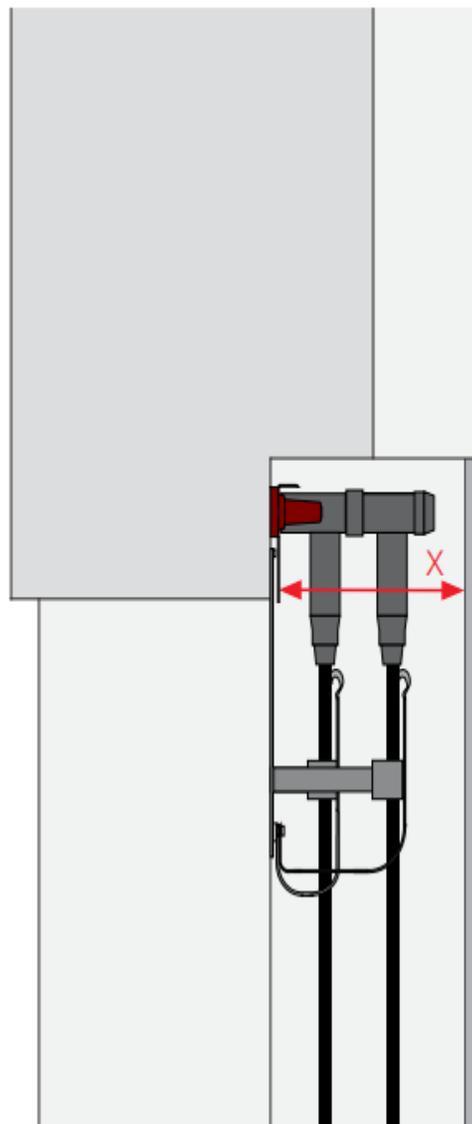
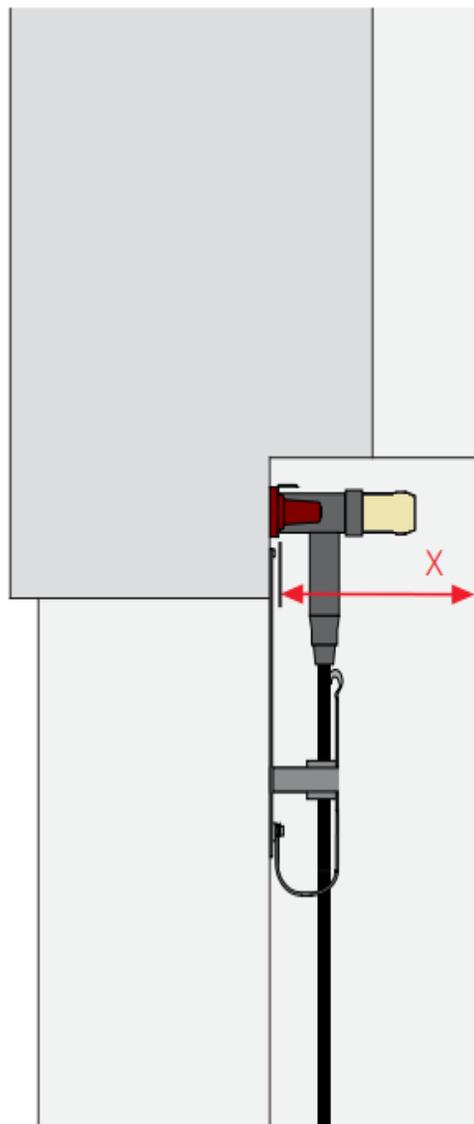
ТО	токовая отсечка (2 ст.)
НМТЗ/У	напр.максимальная токовая защита с пуском по напряжению (2 ст.)
ЗДЗ	защита от дуговых замыканий (по сигналу GOOSE от внешней системы регистрации дуговых замыканий — ЭНМВ-1 + AFS)
Т(Н)ЗНП	направленная ТЗНП
ЗМН	защита минимального напряжения
ЗПН	защита от повышения напряжения
ЗОП	защита от обрыва провода
ЛЗШ	логическая защита шин
КН	контроль нагрузки
КОН	контроль отсутствия напряжения
КНН	контроль наличия напряжения
УРОВ	устройство резервного отключения выключателя









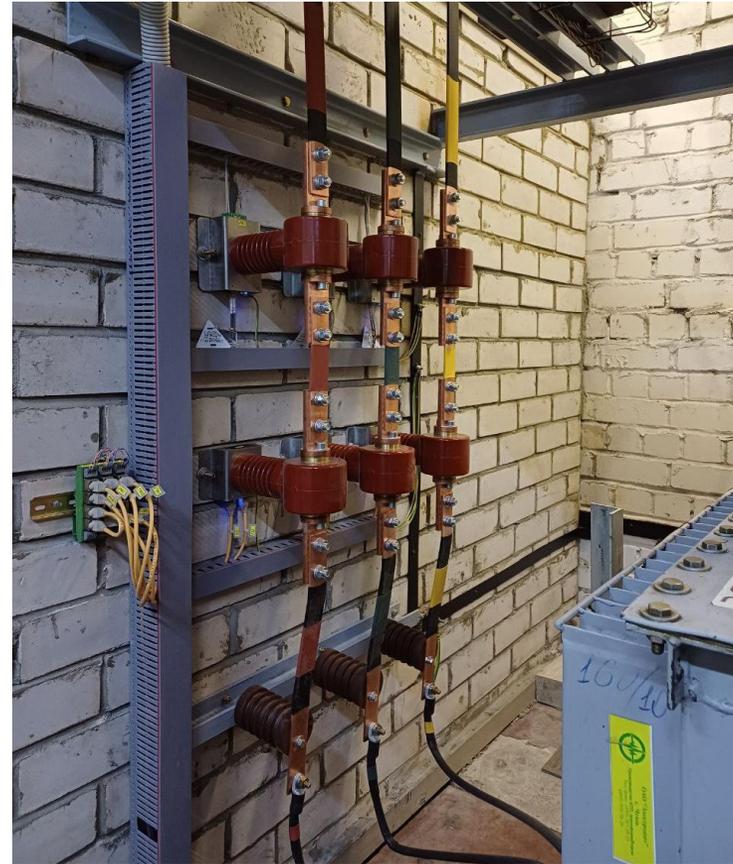


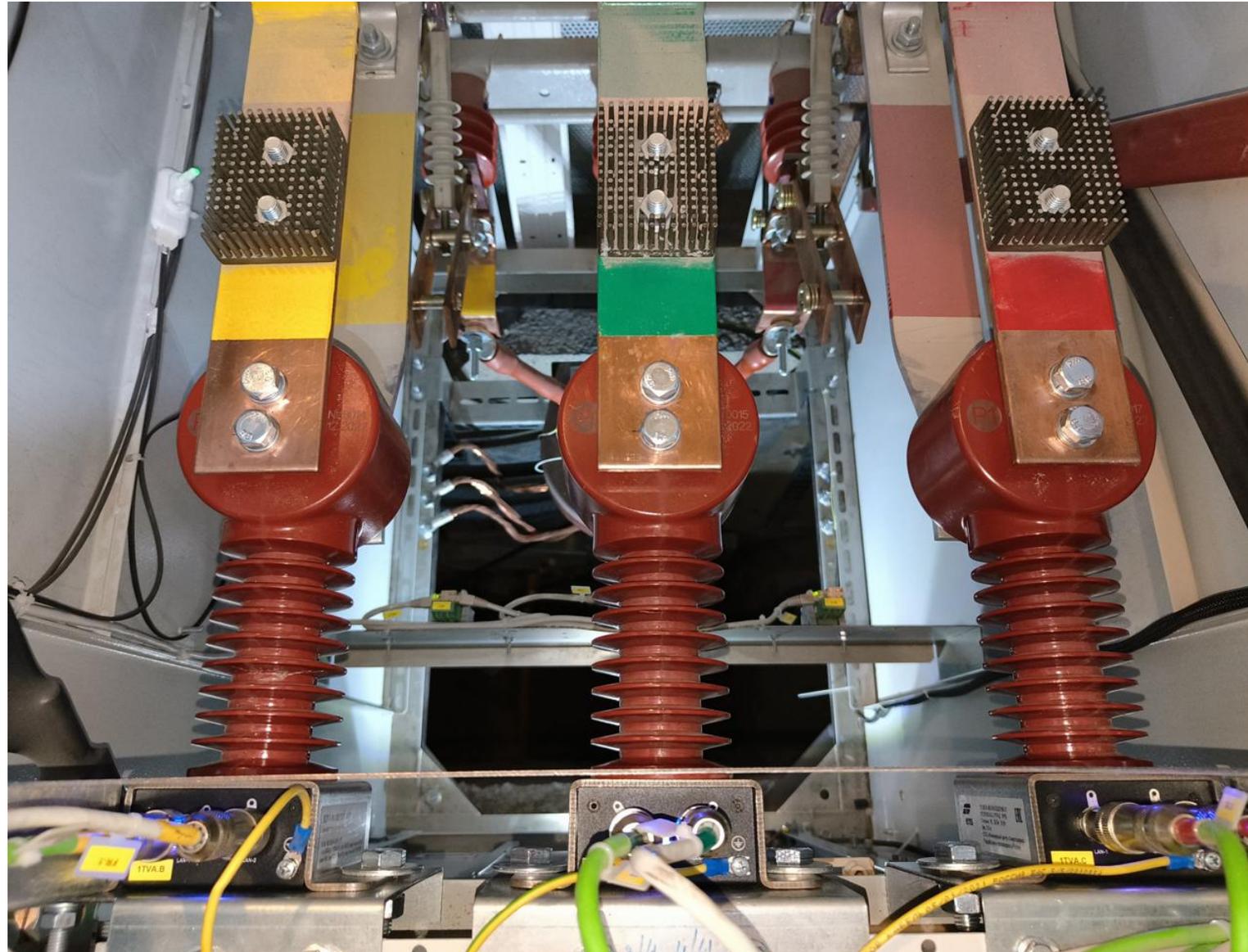


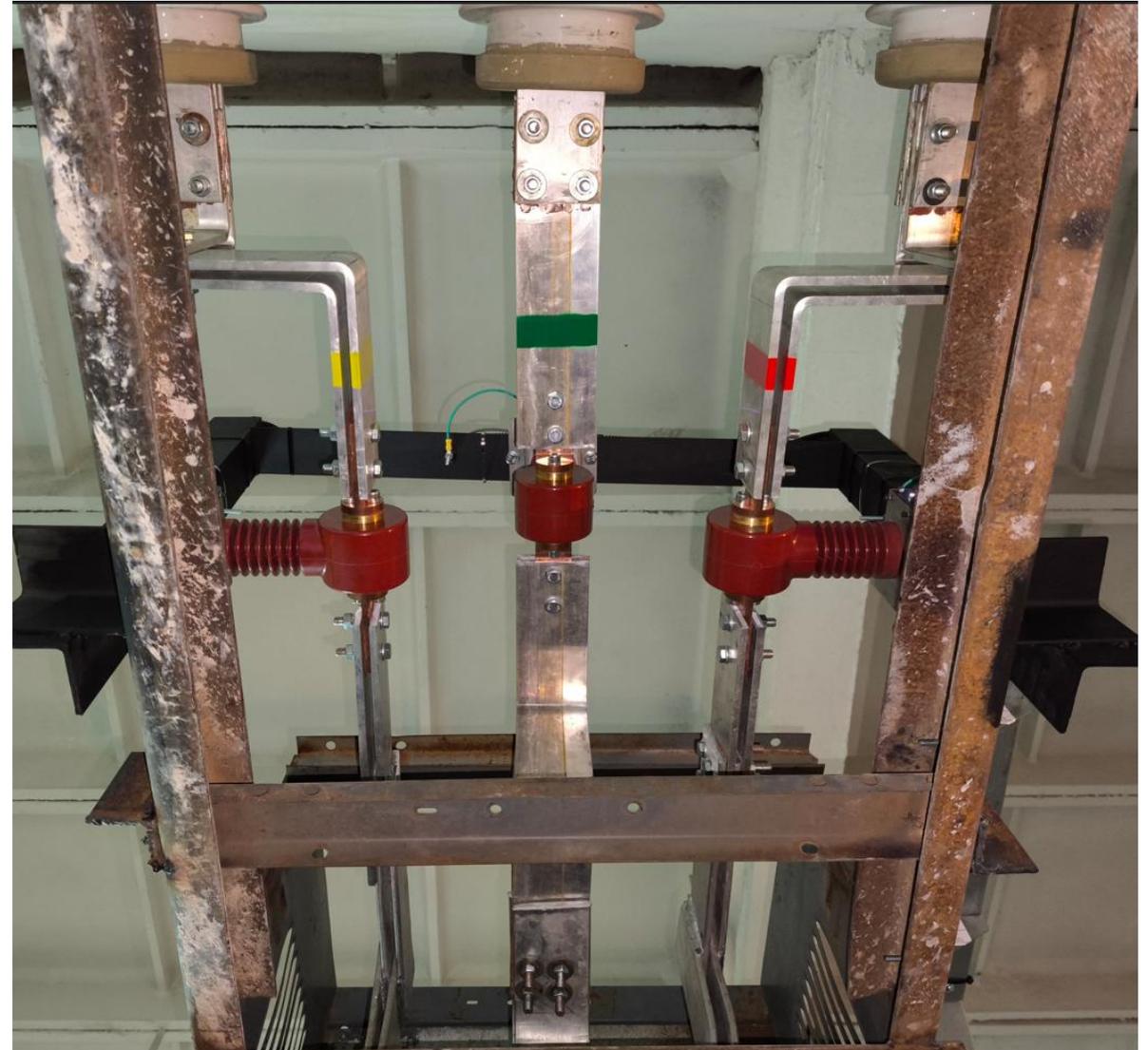
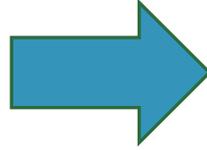
КРУЭ 20 кВ

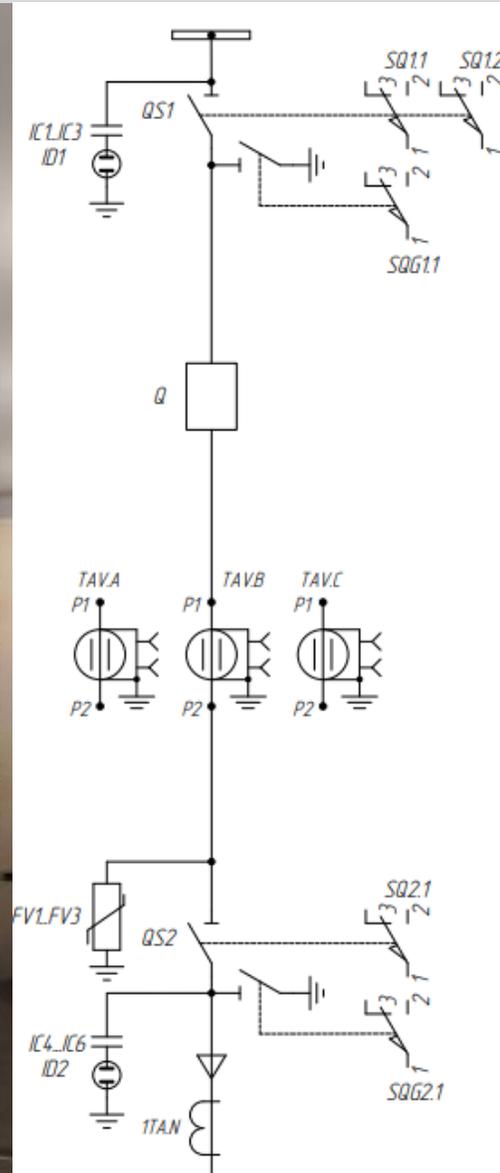


ЕСИТ-3-20-50(1250)-ТХ2-24-R1









Преимущества проекта:

- Нет насыщения и остаточной намагниченности трансформаторов тока.
- Нет феррорезонанса трансформаторов напряжения.
- Уменьшение фазовой погрешности между сигналами тока и напряжения.
- Полная погрешность не зависит от вторичной нагрузки.
- Упрощение методики выбора типов измерительного оборудования.
- Обеспечение высокого уровня резервирования функций релейной защиты.
- Повышение быстродействия отключения КЗ в линиях по дистанционному принципу и КЗ в силовых трансформаторах по дифференциальному принципу.
- Измерение напряжения и тока в широком частотном диапазоне для контроля за уровнем высших гармоник.
- Снижение массы и габаритов.
- Упрощение монтажа и обслуживания.



ECIT-1

ФИФ № 94207-24

Цифровые измерительные трансформаторы ECIT:

- Совмещают функции трансформатора тока и трансформатора напряжения, устройств РЗА и учета электроэнергии.
- Имеют цифровые интерфейсы и являются источниками информации для всех видов АСУ.
- В отличие от электромагнитных трансформаторов, комбинированные трансформаторы ECIT не подвержены феррорезонансу, насыщению и остаточной намагниченности. Благодаря широкому частотному диапазону одна модификация ECIT обеспечивает измерения в заявленном классе точности тока и напряжения.
- Могут публиковать до трех потоков измеренных значений. Измеренные мгновенные значения (SV – Sampled Values) тока и напряжения публикуются в шину процесса согласно МЭК 61869-9. Два потока SV предназначены для устройств измерения параметров режима сети, счетчиков электроэнергии и устройств защиты. Третий поток содержит синхровекторы (SP – Synchrophasors) и публикуется для целей защиты и автоматики. Использование синхровекторов позволяет снизить объем передаваемых по локальной сети данных, повысить быстродействие и эффективность защит.
- Поддерживают функцию записи аварийных событий и обеспечивают релейную защиту присоединения. Сигнал срабатывания защит передается в GOOSE-сообщении или управляет встроенным дискретным выходом на отключение высоковольтного выключателя.

