



VIII Международная научно-практическая конференция и выставка «РЕЛАВЭКСПО-2025»



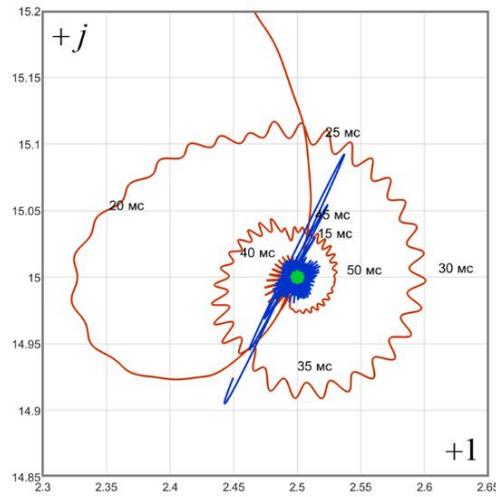
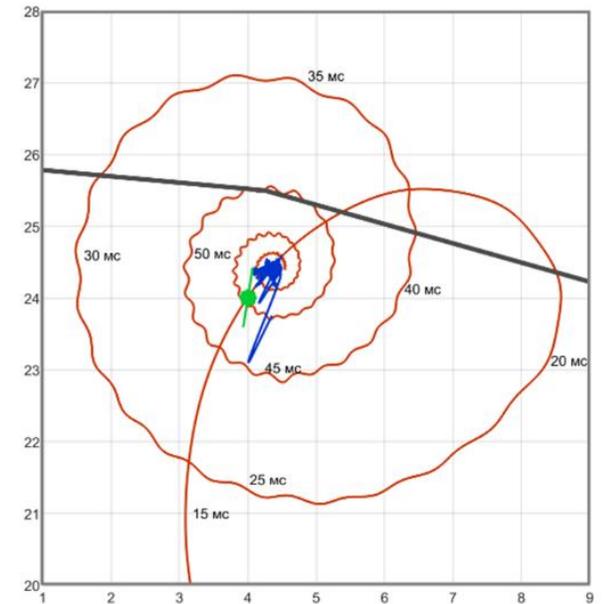
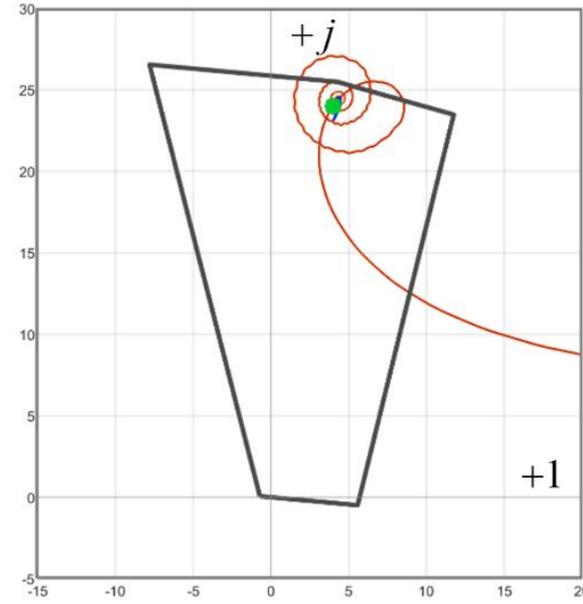
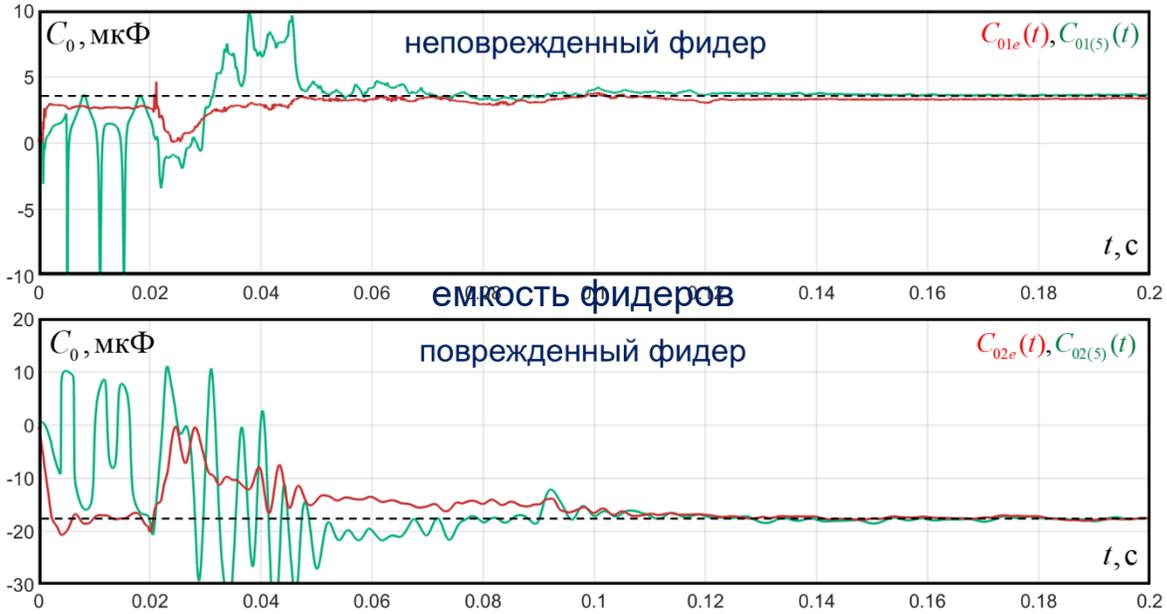
Совершенствование методов испытаний измерительного оборудования систем РЗА

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

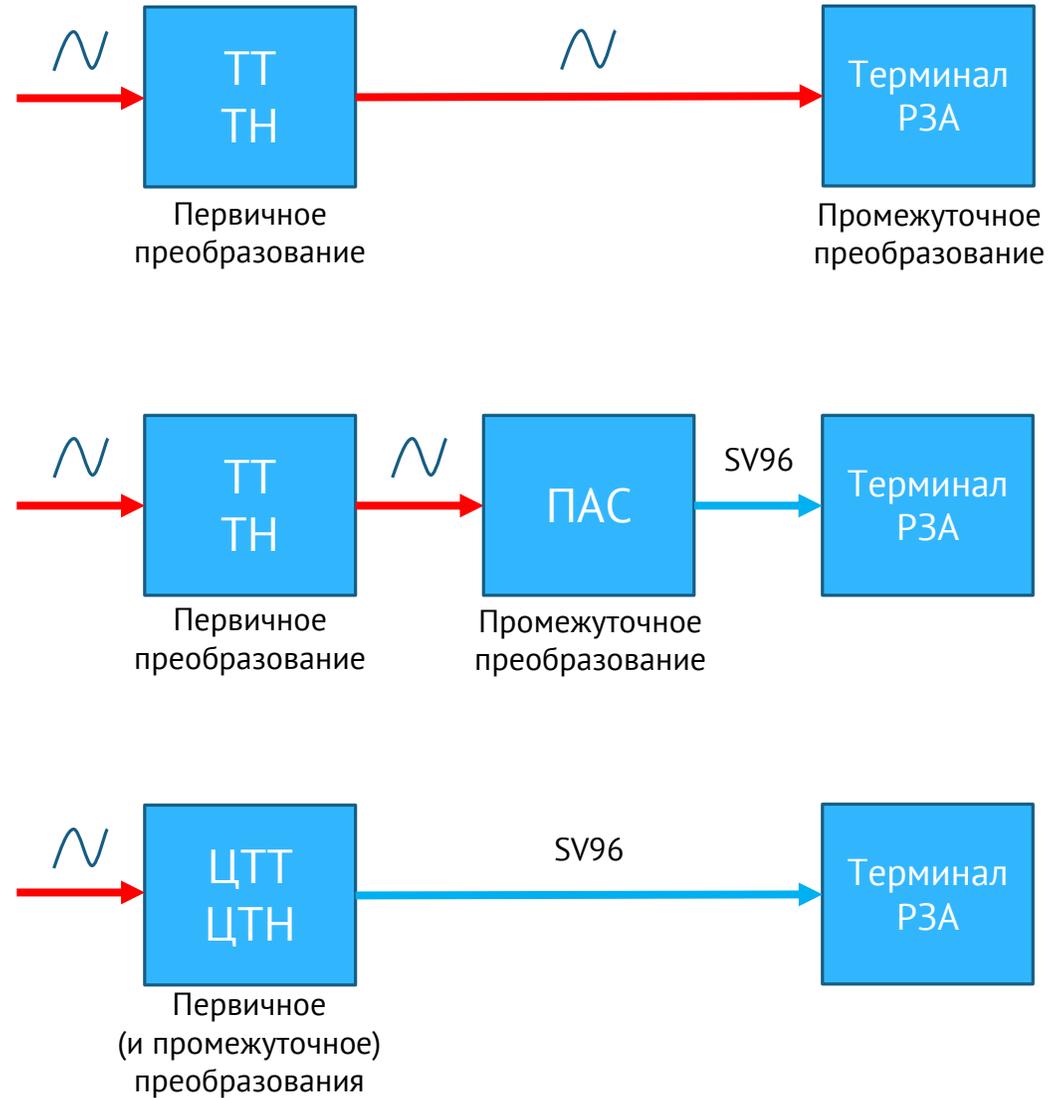
**ООО «Инженерный центр «Энергосервис»,
Северный (Арктический) федеральный университет**

Чебоксары, 22-25 апреля 2025

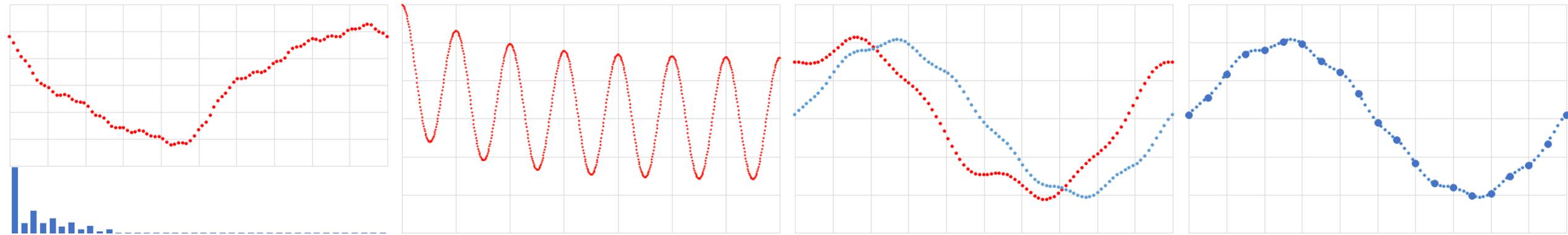
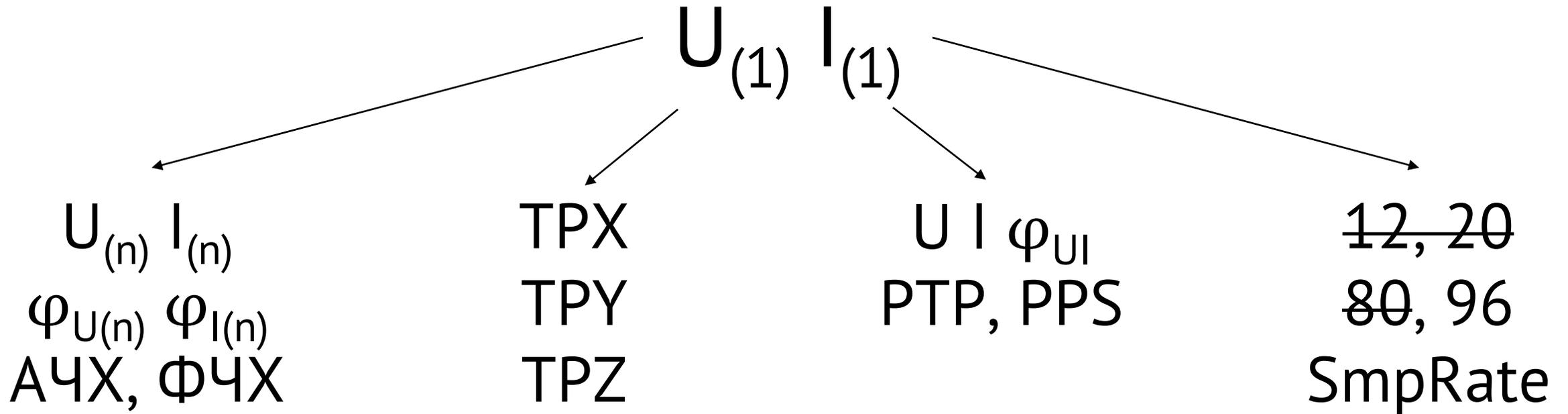
Новые алгоритмы защиты

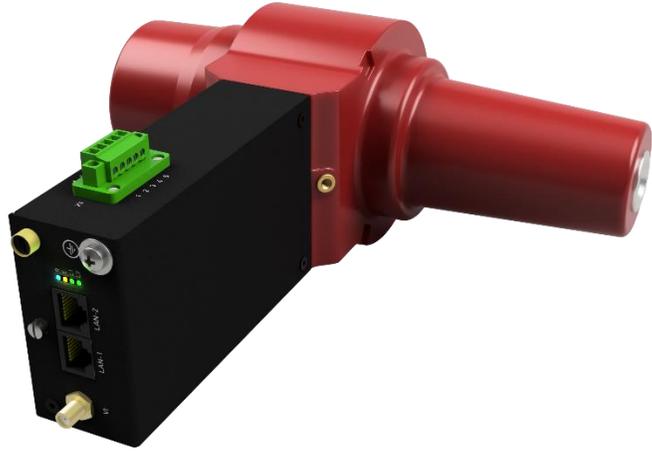


Измерительный канал РЗА



Измеряемые параметры





измерительный трансформатор



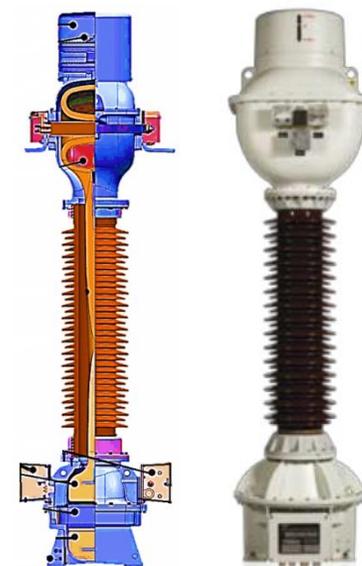
IEC 61869-1



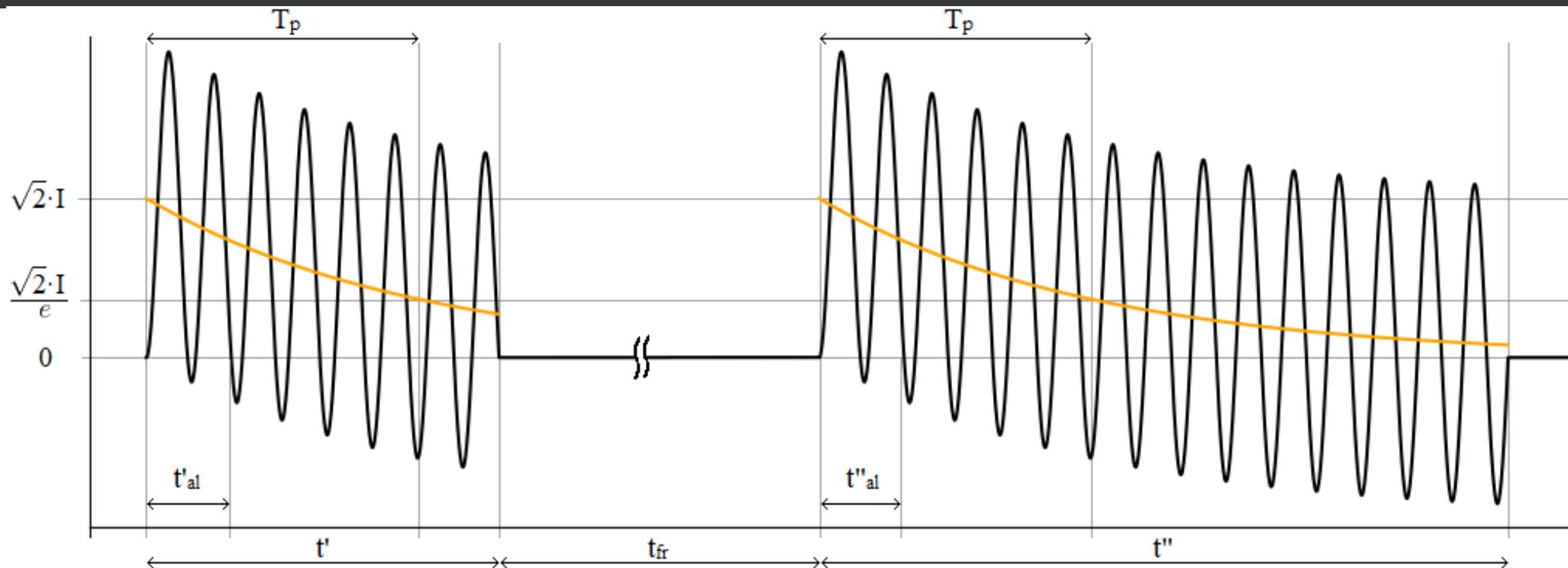
Комбинированные трансформаторы



Номер в госреестре	Наименование СИ	Обозначение типа СИ	Изготовитель
73766-19 62261-15 55601-13	Трансформаторы комбинированные	НТОЛП-НТЗ, ЗНТОЛП-НТЗ	Общество с ограниченной ответственностью "Невский Трансформаторный Завод "Волхов" (ООО "НТЗ "Волхов"), г. Великий Новгород
54310-13	Трансформаторы комбинированные	EJGF	Фирма "PIFFNER Deutschland GmbH", Германия
52351-12	Трансформаторы комбинированные	KA-123, KA-245	Фирма "Electrotecnica Artech Hermanos S.L.", Испания
50642-12	Трансформаторы комбинированные	KGBE12 (4МК12), KGBE24 (4МК24), KGBE40,5 (4МК40,5)	Фирма "RITZ Instrument Transformers GmbH", Германия
49012-12	Трансформаторы комбинированные	KOTEF 245	Фирма "AREVA T&D Messwandler GmbH", Германия
39473-13 39473-08	Трансформаторы комбинированные	SVAS 123/245/362/550	Фирма "Trench Germany GmbH", Германия
38887-14 38887-08	Трансформаторы комбинированные	AVG 123/245	Фирма "Trench Italia S.r.l.", Италия
53609-13 37850-08	Трансформаторы комбинированные	VAU-123/245/362	Фирма "KONCAR - Instrument transformers Inc.", Хорватия
35647-07	Трансформаторы комбинированные	KGBE12-40,5 (4МК12-40,5)	Фирма "RITZ Instrument Transformers GmbH", Германия
30828-05	Трансформаторы комбинированные	JUK 123a	Фирма "ABB Sp. z.o.o.", Польша
82812-21	Трансформаторы тока и напряжения измерительные комбинированные электронные	TECV	Общество с ограниченной ответственностью "Оптиметрик" (ООО "Оптиметрик"), г. Ярославль
75752-19	Трансформаторы тока и напряжения комбинированные	ТГК	Общество с ограниченной ответственностью "ЗЭТО-Газовые Технологии" (ООО "ЗЭТО-Газовые Технологии"), Псковская обл., г. Великие Луки
72862-18	Трансформаторы тока и напряжения комбинированные электронные	ТТНК	АО "Профотек", г. Москва; ООО "НПЦ Профотек", г. Москва
70302-18	Трансформаторы тока и напряжения комбинированные цифровые	ЦТТН	ООО НПО "Цифровые измерительные трансформаторы", г.Иваново



Требования к работе в переходных режимах



Нормированный рабочий цикл В-О-В-О (С-О-С-О duty cycle)

t' и t'' – продолжительность первого и второго включения;

t_{fr} (fault repetition time) – временной интервал между прерыванием и повторным возникновением тока короткого замыкания в первичной обмотке (время отдыха между срабатываниями);

t'_{al} и t''_{al} (time to accuracy limit) – минимальное время, в течение которого точность измерений остается в пределах заявленной точности (время до насыщения) во время первого и второго включения;

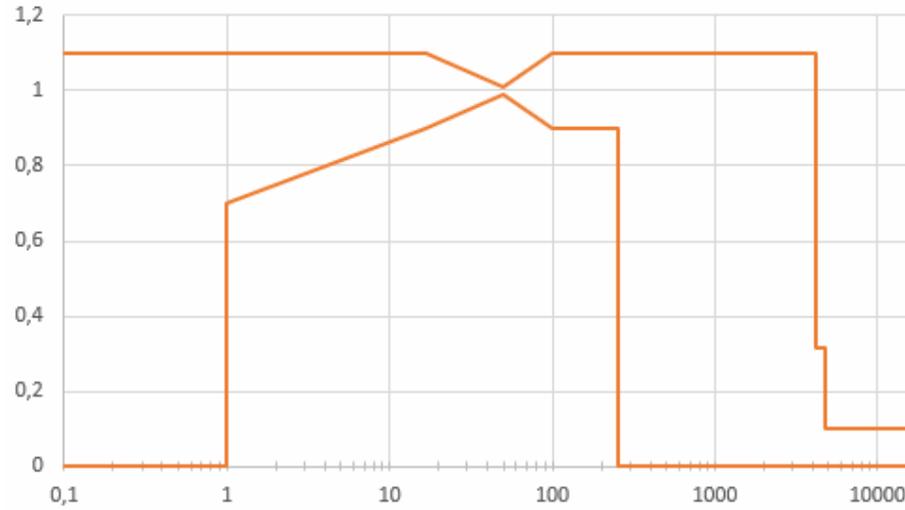
T_p – постоянная времени (время, за которое апериодическая составляющая уменьшается в e раз).

Требования к частотной характеристике

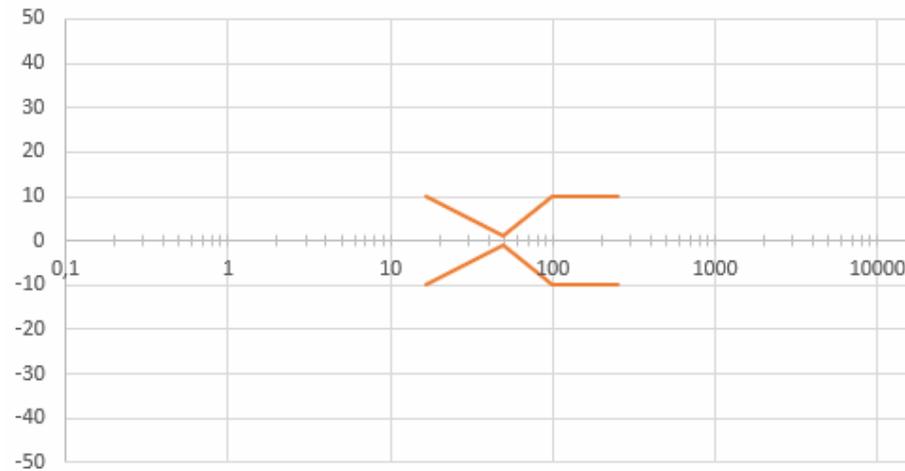
Класс точности 5P

Дискретизация 4800 Гц

АЧХ



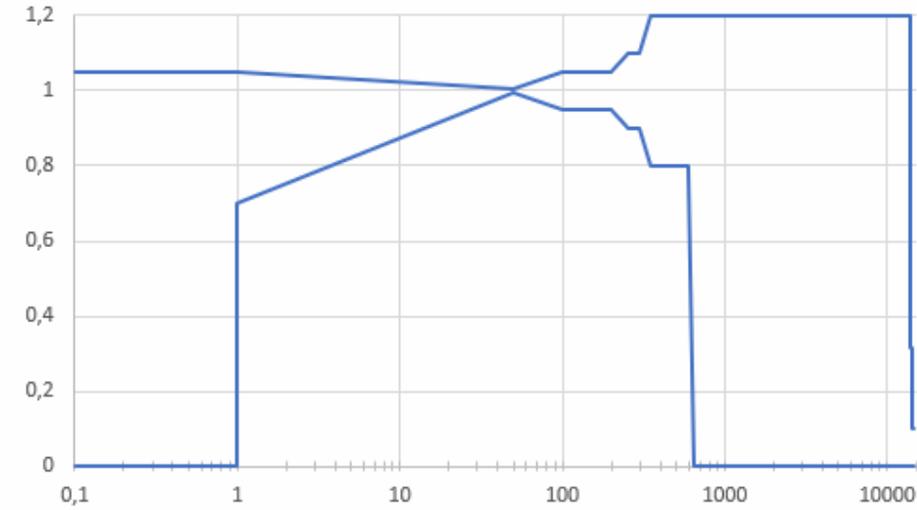
ФЧХ



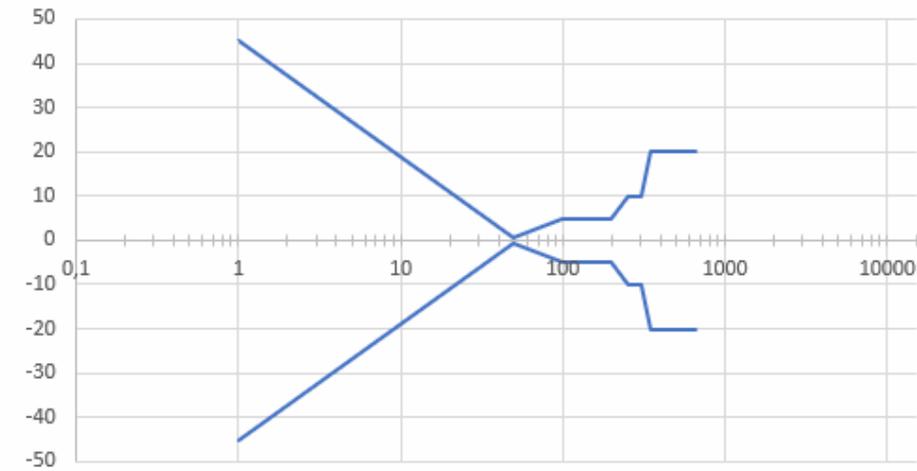
Класс точности 0,5S-WB0

Дискретизация 14400 Гц

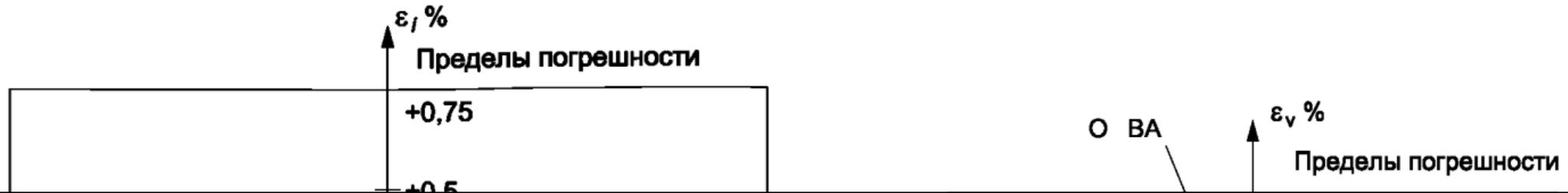
АЧХ



ФЧХ



IEC 61869-4
ГОСТ Р МЭК 61869-4—2019



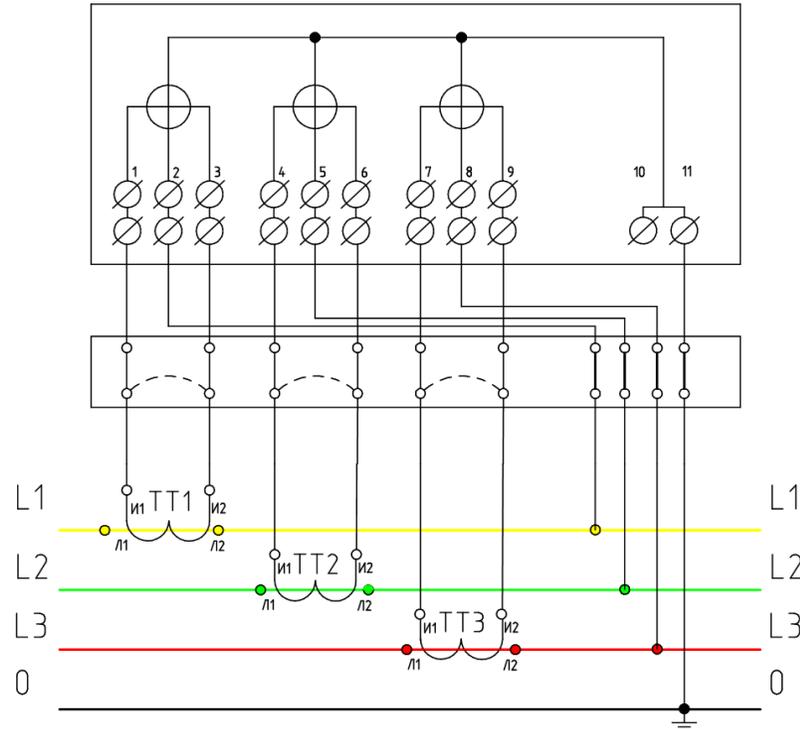
ГОСТ Р МЭК 61869-4—2019

5.401.2 Взаимное влияние

Во время работы трансформатора тока в диапазоне от 5 % значения номинального тока до нормированного тока длительного нагрева, пределы погрешности напряжения и угла фазового сдвига трансформатора напряжения не должны превышать пределы погрешностей напряжения и угла фазового сдвига, соответствующего его классу точности, при номинальном значении нагрузки в диапазоне от 80 % до 120 % номинального значения напряжения.

Во время работы трансформатора напряжения от 80 % номинального значения напряжения до номинального напряжения, помноженного на номинальный коэффициент напряжения, пределы токовой погрешности и угла фазового сдвига трансформатора тока не должны превышать пределы токовой погрешности и угла фазового сдвига в диапазоне тока, соответствующего его классу точности и в диапазоне нормированной паспортной нагрузки.

Генератор фиктивной мощности для вторичных цепей

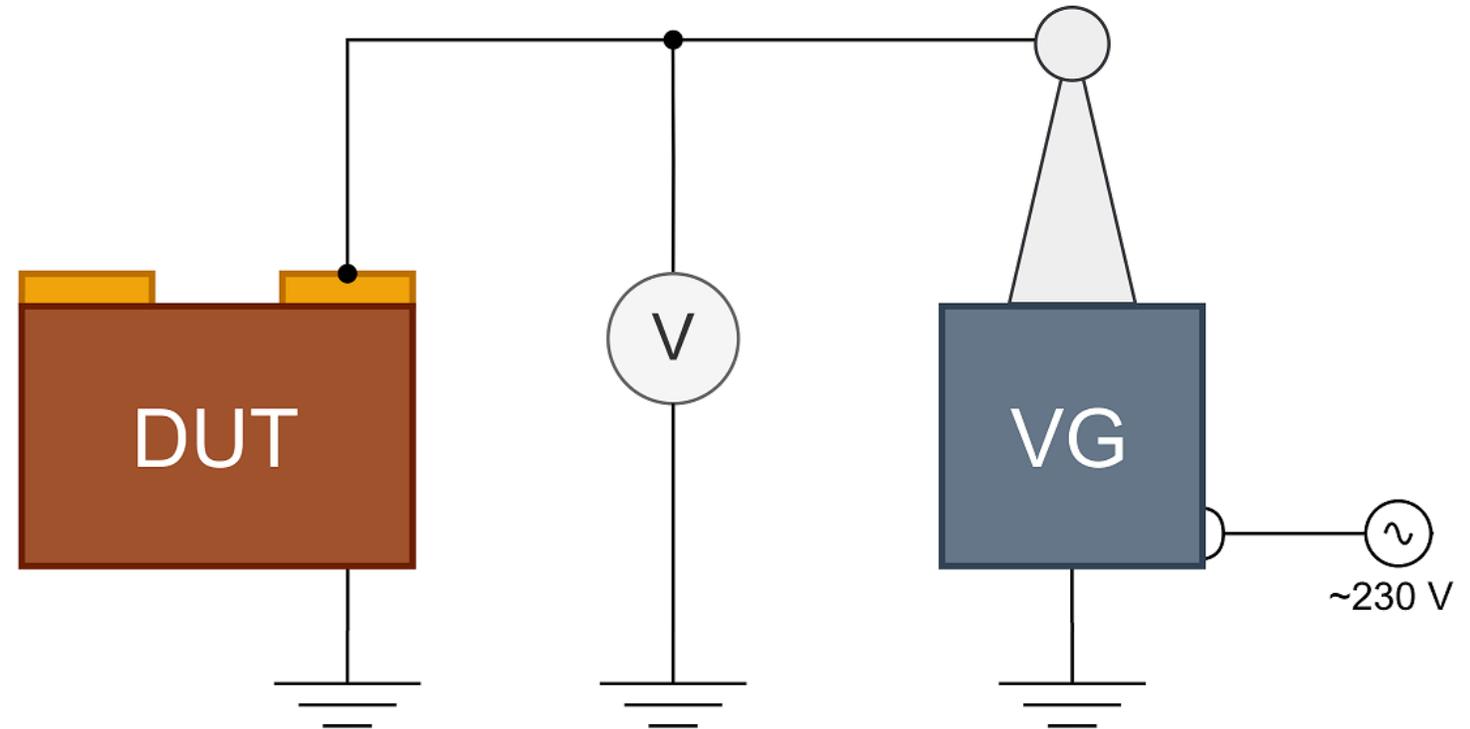


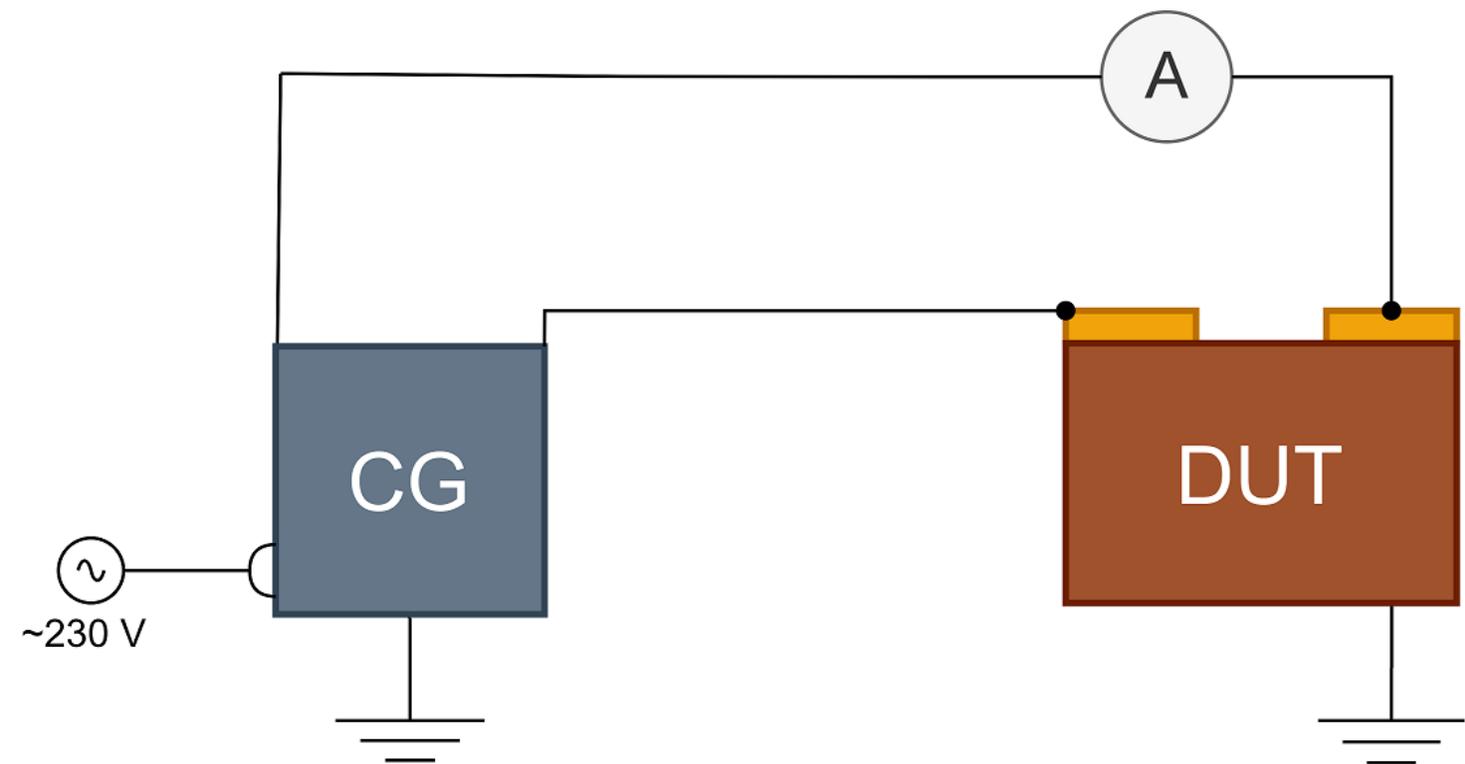






Новый стенд ИЦ ВЭИ
позволяет испытывать
на длительный нагрев
токами до 50 000 А
различные устройства
с напряжением до 750 кВ





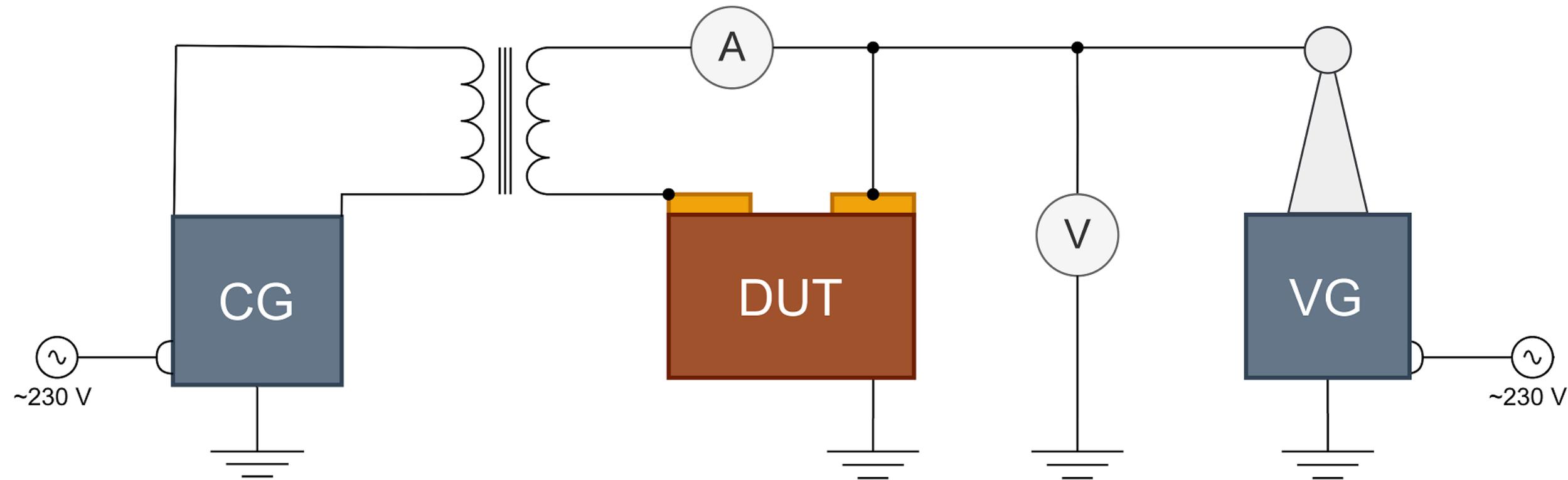


Схема подключения (ток + напряжение)

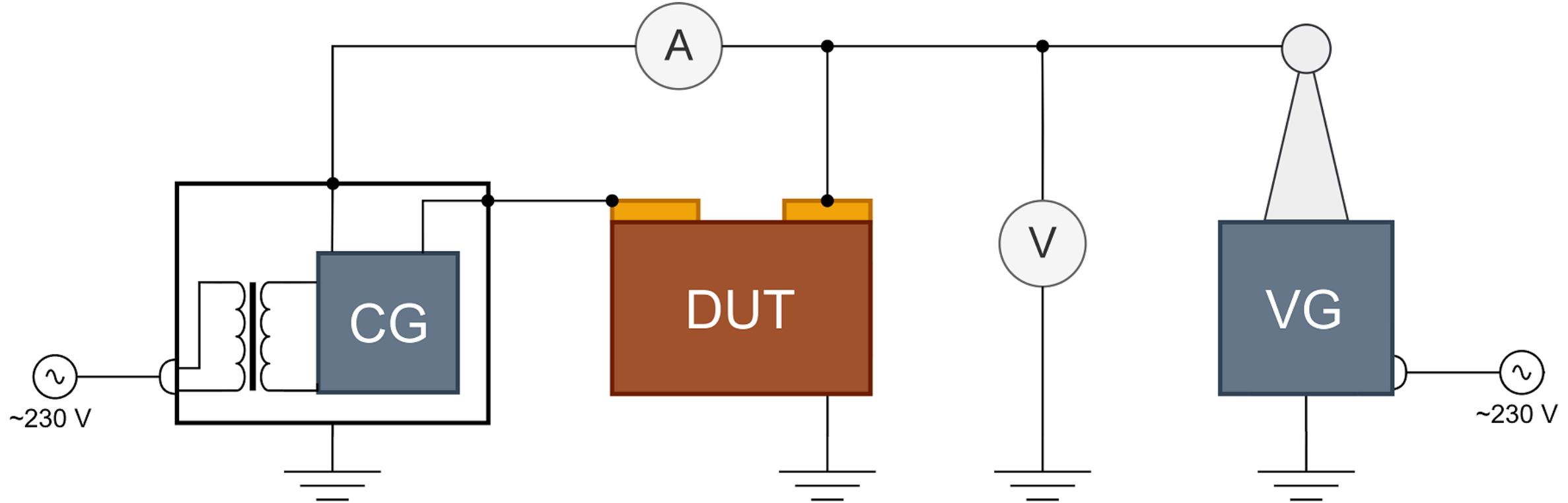


Схема подключения ЕСИТ-1 (ток + напряжение)

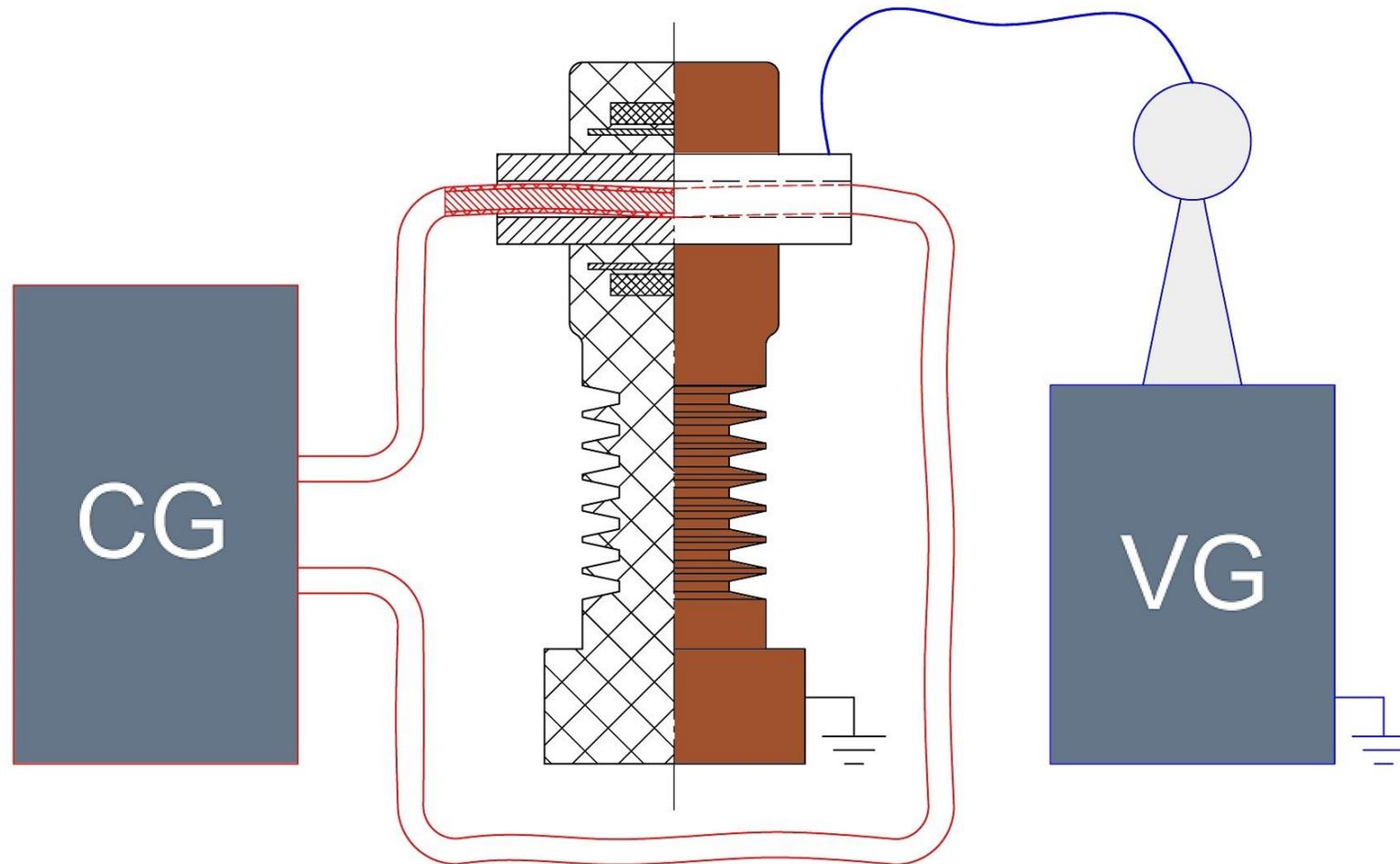
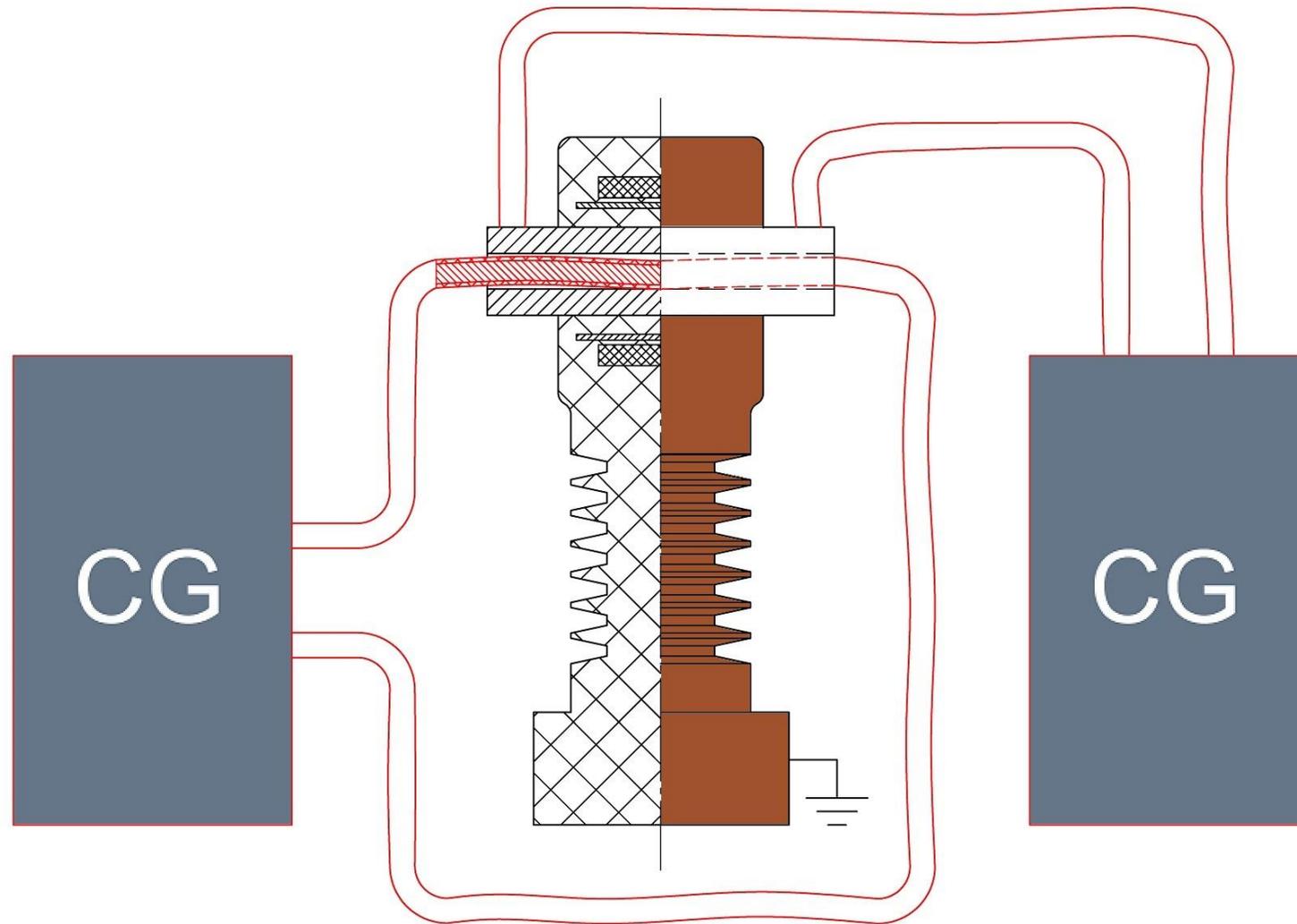
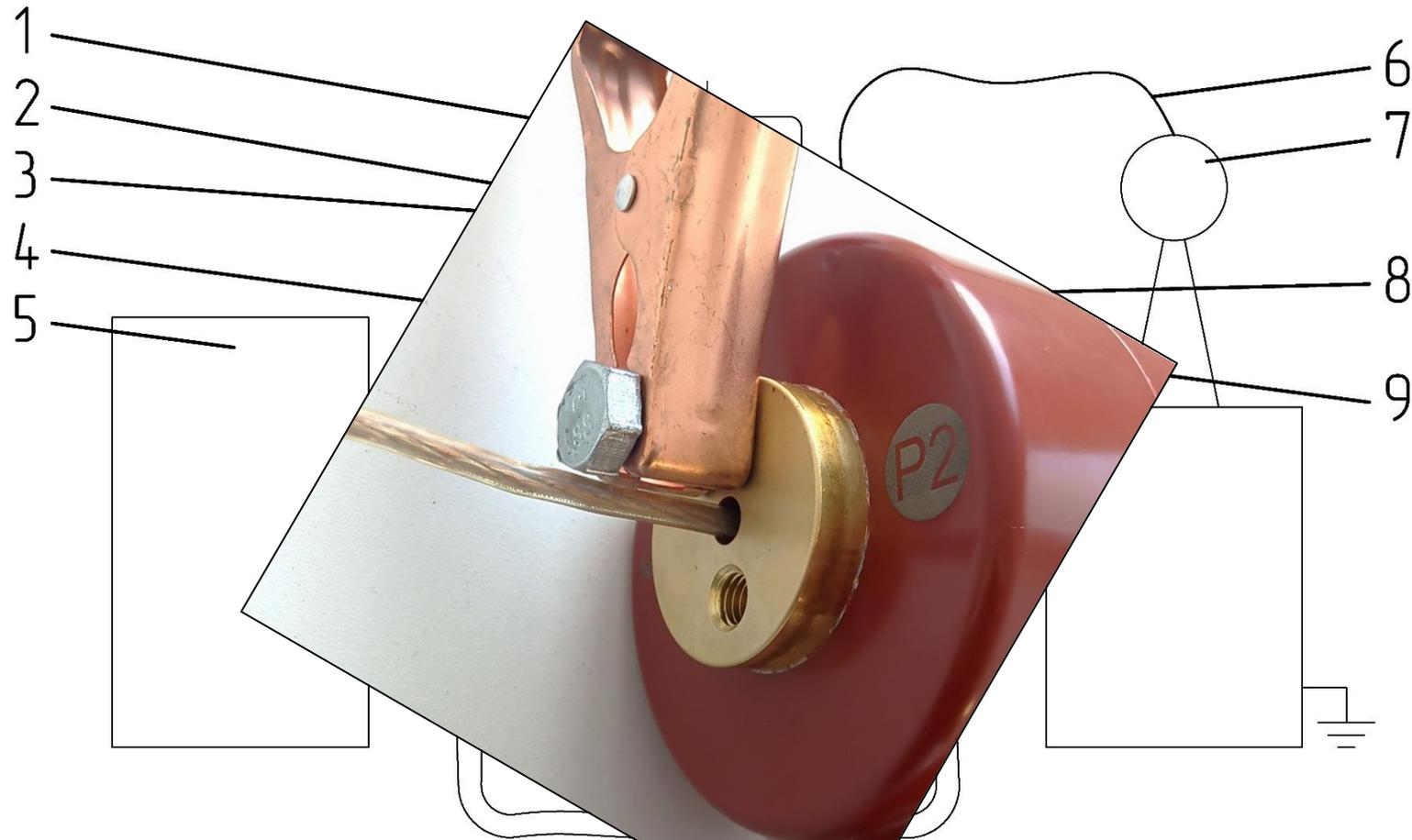


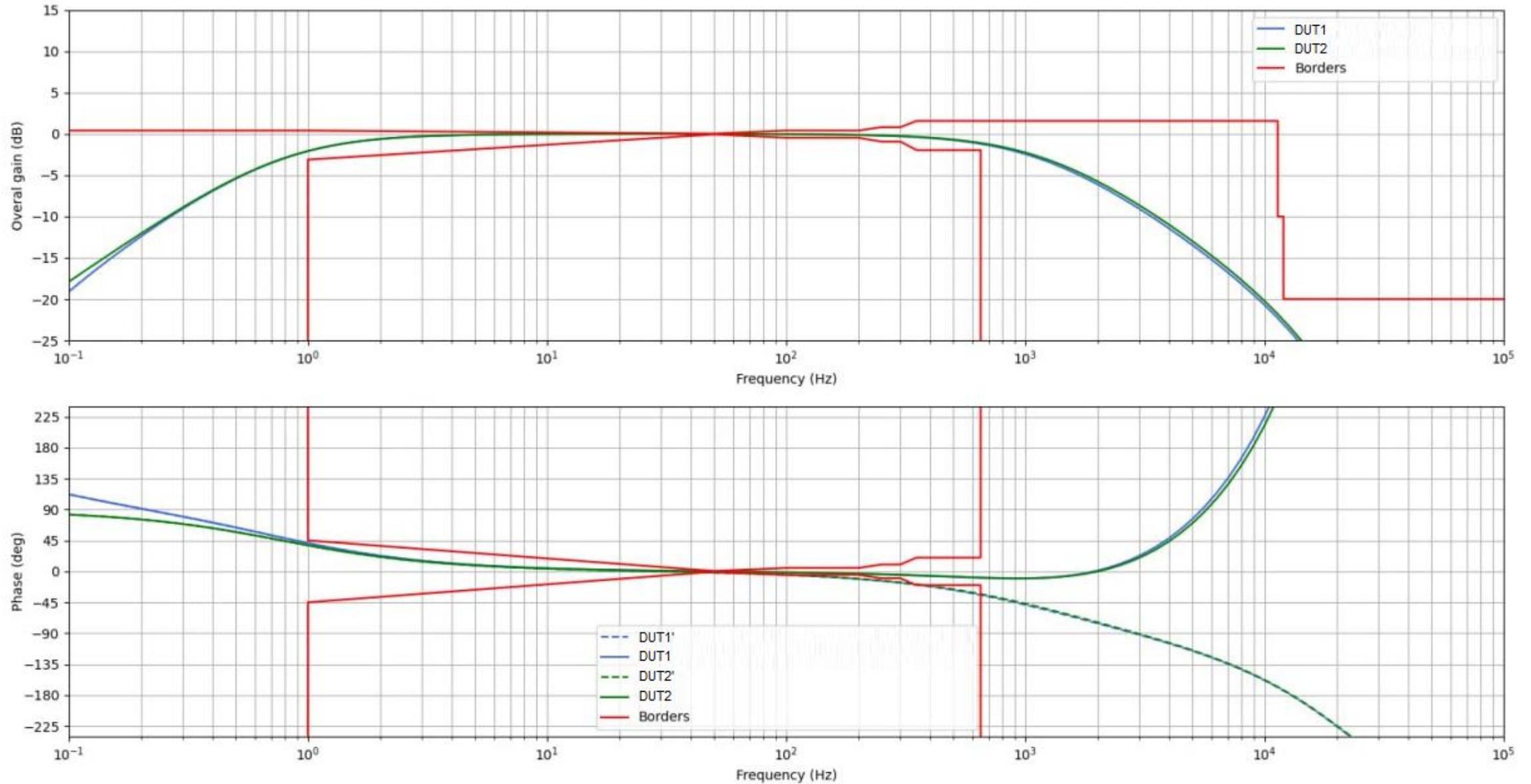
Схема подключения ЕСИТ-1 (ток + ток)



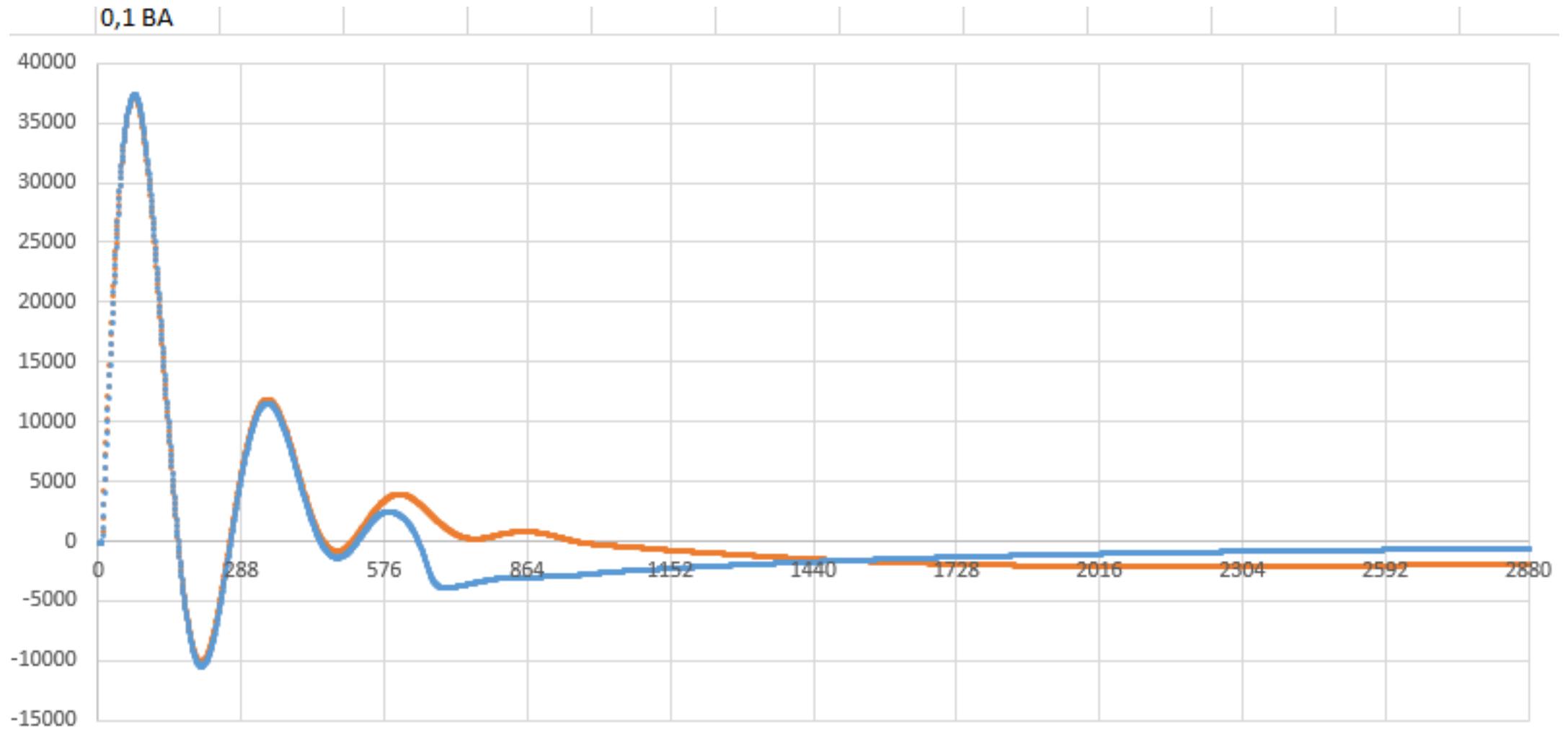


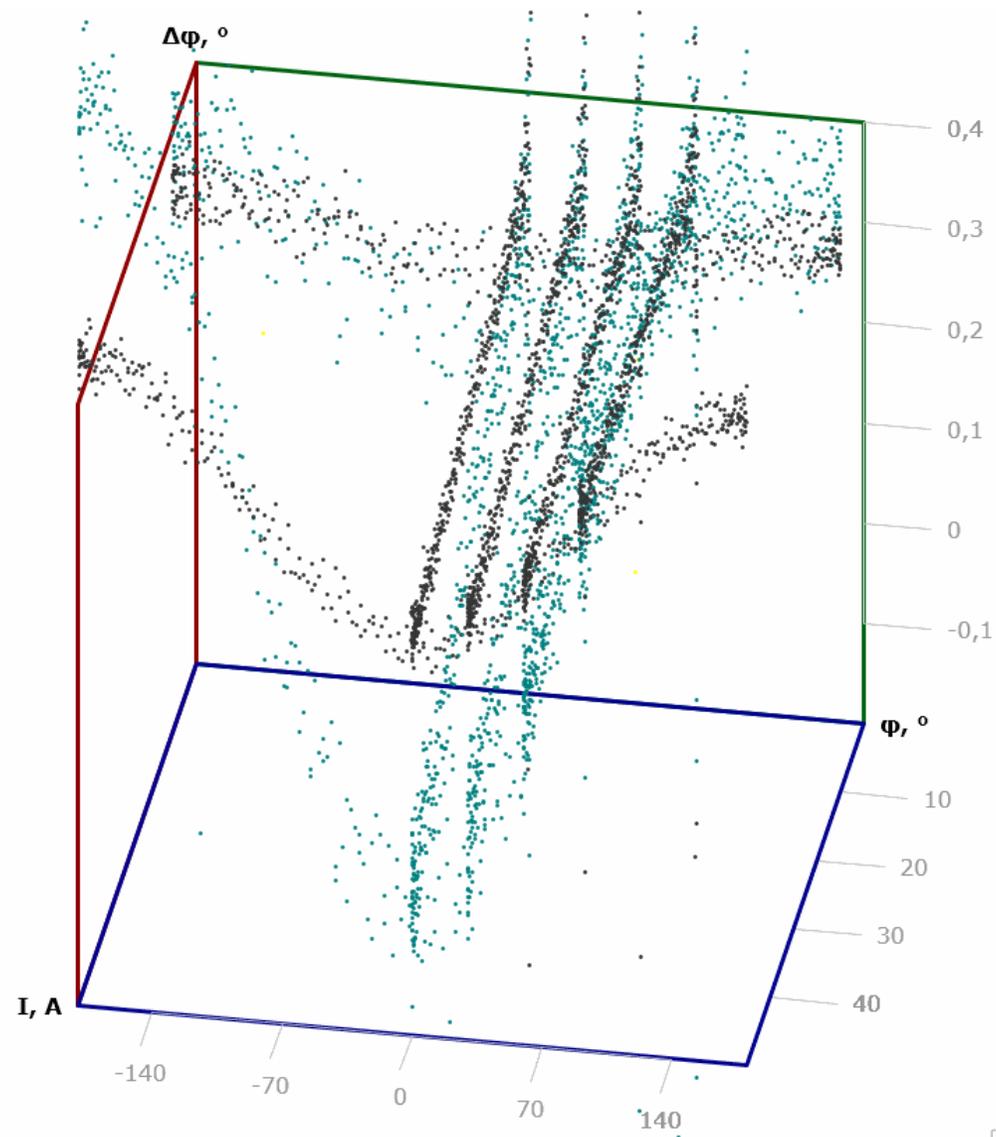
- | | |
|---|---|
| 1 – комбинированный измерительный трансформатор | 6 – провод от генератора напряжения |
| 2 – первичный токопровод трансформатора | 7 – генератор напряжения |
| 3 – сквозное отверстие | 8 – измерительный элемент канала напряжения |
| 4 – изолированный провод от генератора тока | 9 – измерительный элемент канала силы тока |
| 5 – генератор тока | |

АЧХ, ФЧХ



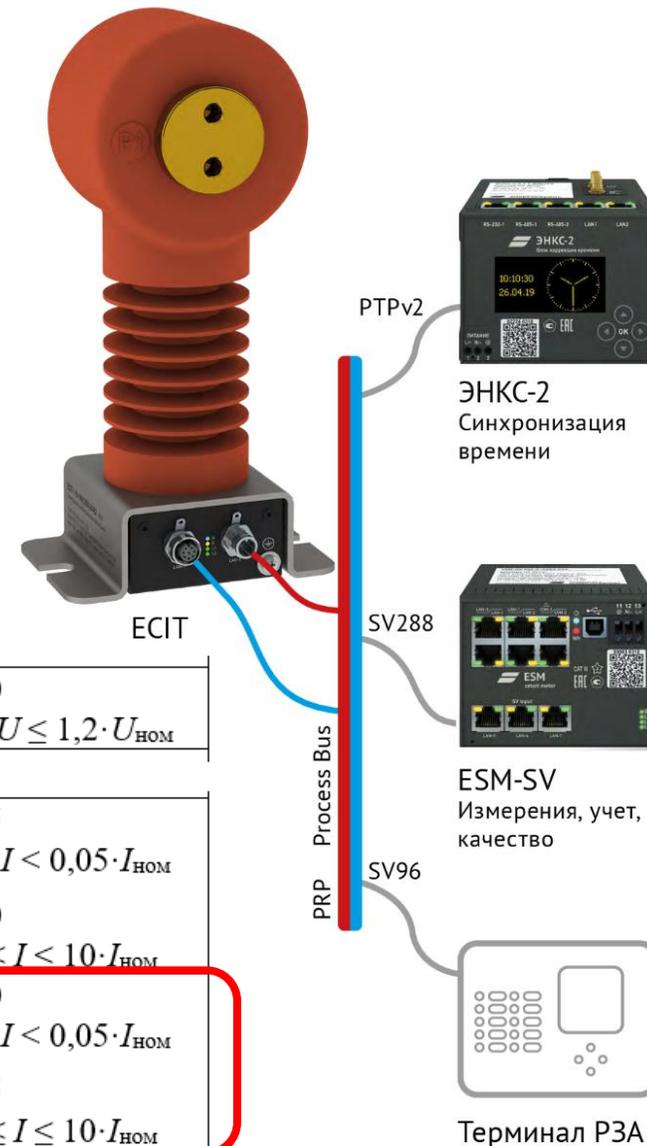
Переходный режим





Запись

Комбинированный измерительный трансформатор ECIT



Пределы допускаемой абсолютной погрешности угла фазового сдвига напряжения, '

± 20
при $0,8 \cdot U_{\text{НОМ}} \leq U \leq 1,2 \cdot U_{\text{НОМ}}$

Пределы допускаемой абсолютной погрешности угла фазового сдвига силы тока, '

± 45
при $0,01 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I < 0,05 \cdot I_{\text{НОМ}}$
 ± 30
при $0,05 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I < 10 \cdot I_{\text{НОМ}}$

Пределы допускаемой абсолютной угловой погрешности фазового сдвига между фазным напряжением и током, '

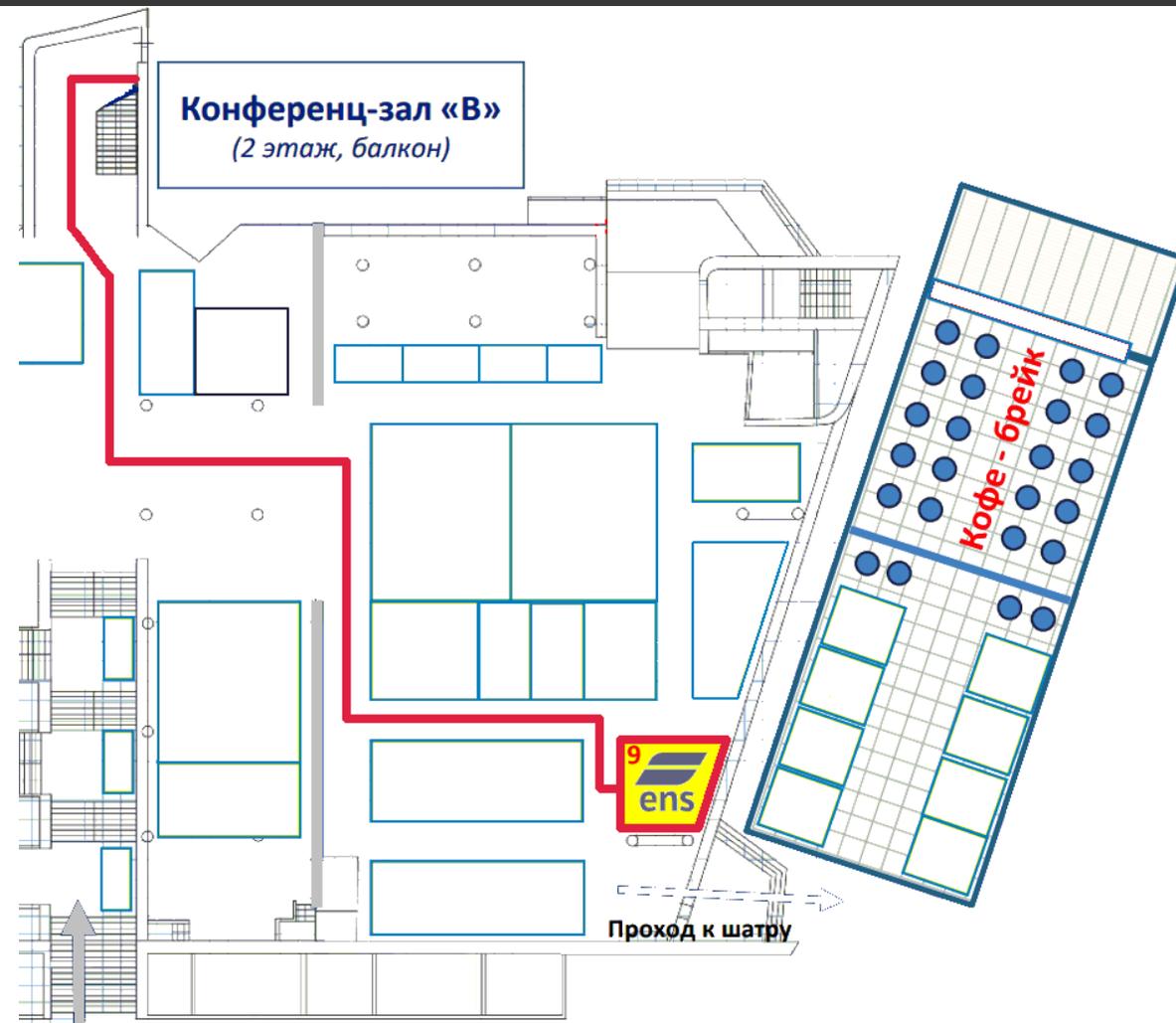
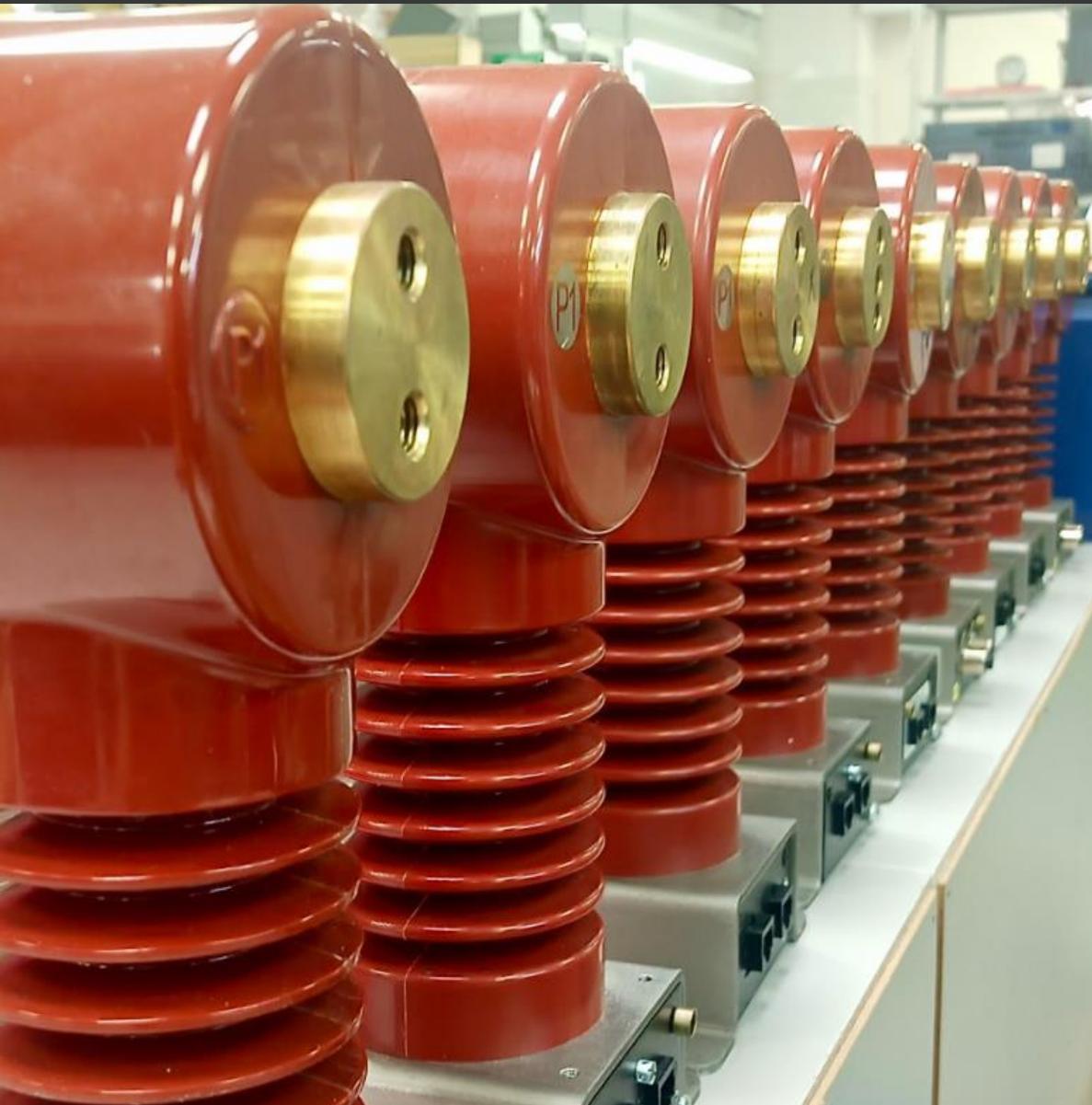
± 20
при $0,01 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I < 0,05 \cdot I_{\text{НОМ}}$
 ± 15
при $0,05 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I \leq 10 \cdot I_{\text{НОМ}}$

приведено описание метода испытания оборудования с применением существующего оборудования, позволяет осуществить одновременную подачу испытательных сигналов с независимых генераторов тока и напряжения.

Способ позволяет снизить материальные затраты, поскольку не требует использования дорогостоящих генераторов способных выдавать единый сигнал тока и напряжения большой мощности.

Производитель оборудования заинтересован сделать такую конструкцию устройства, чтобы обеспечить возможность выполнения более простой методики испытаний.

Строгое соблюдение требований стандартов и декларирование характеристик позволит разрабатывать и применять новые алгоритмы защиты.



Плакидин Роман Сергеевич

ведущий инженер по метрологии

rplakidin@ens.ru