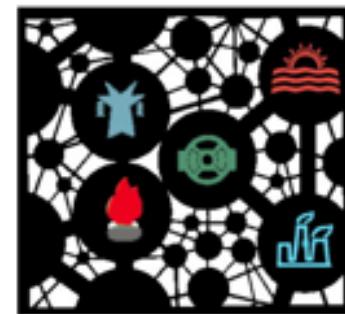


# МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ СЕМИНАР им. Ю.Н. Руденко

МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ БОЛЬШИХ СИСТЕМ ЭНЕРГЕТИКИ

97-е заседание «Обеспечение надежности систем энергетики в условиях инновационного развития»

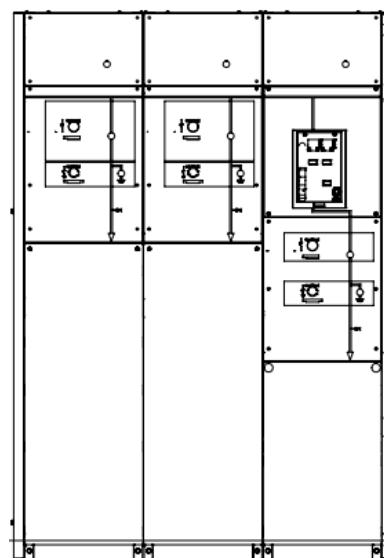
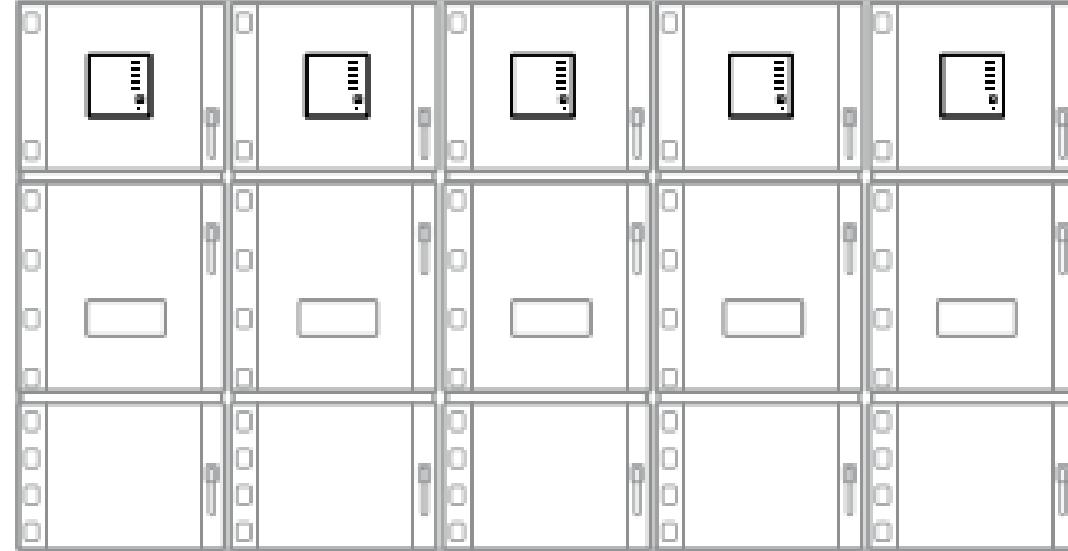


## Цифровые комбинированные измерительные трансформаторы тока и напряжения для распределительных сетей среднего напряжения

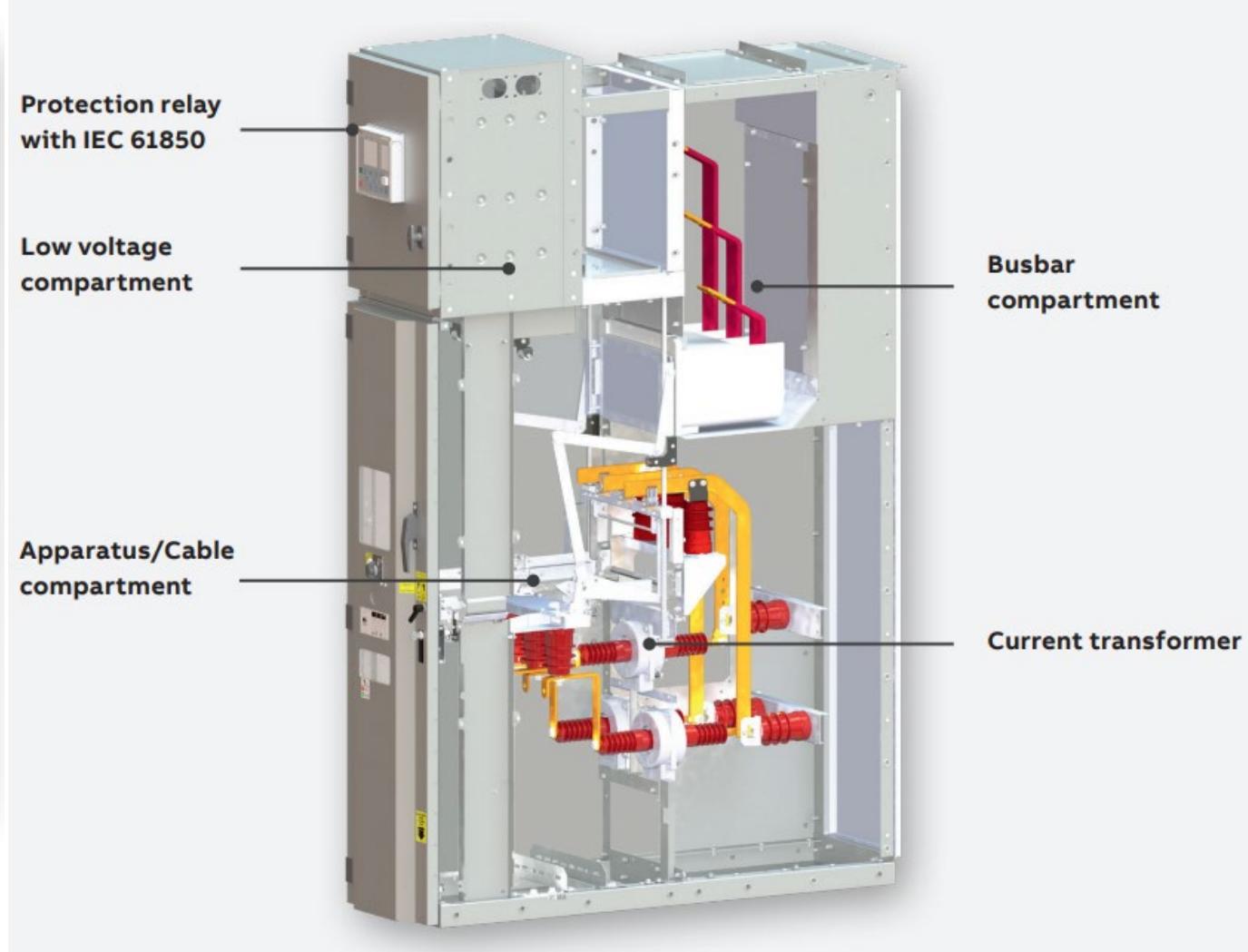
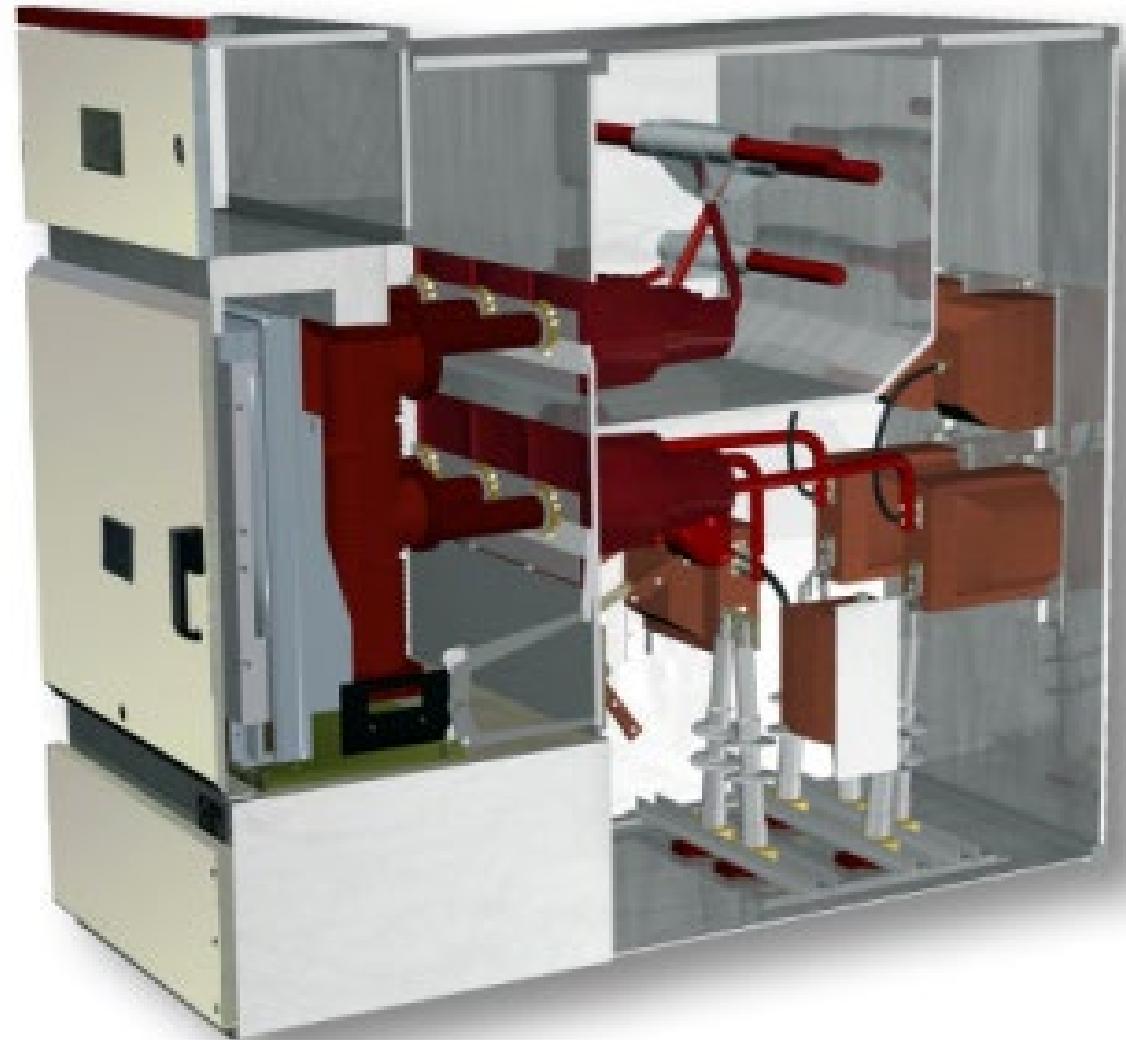
Д.Н. Ульянов, Р.С. Плакидин, П.И. Андреев

Новосибирск  
07-12 июля 2025

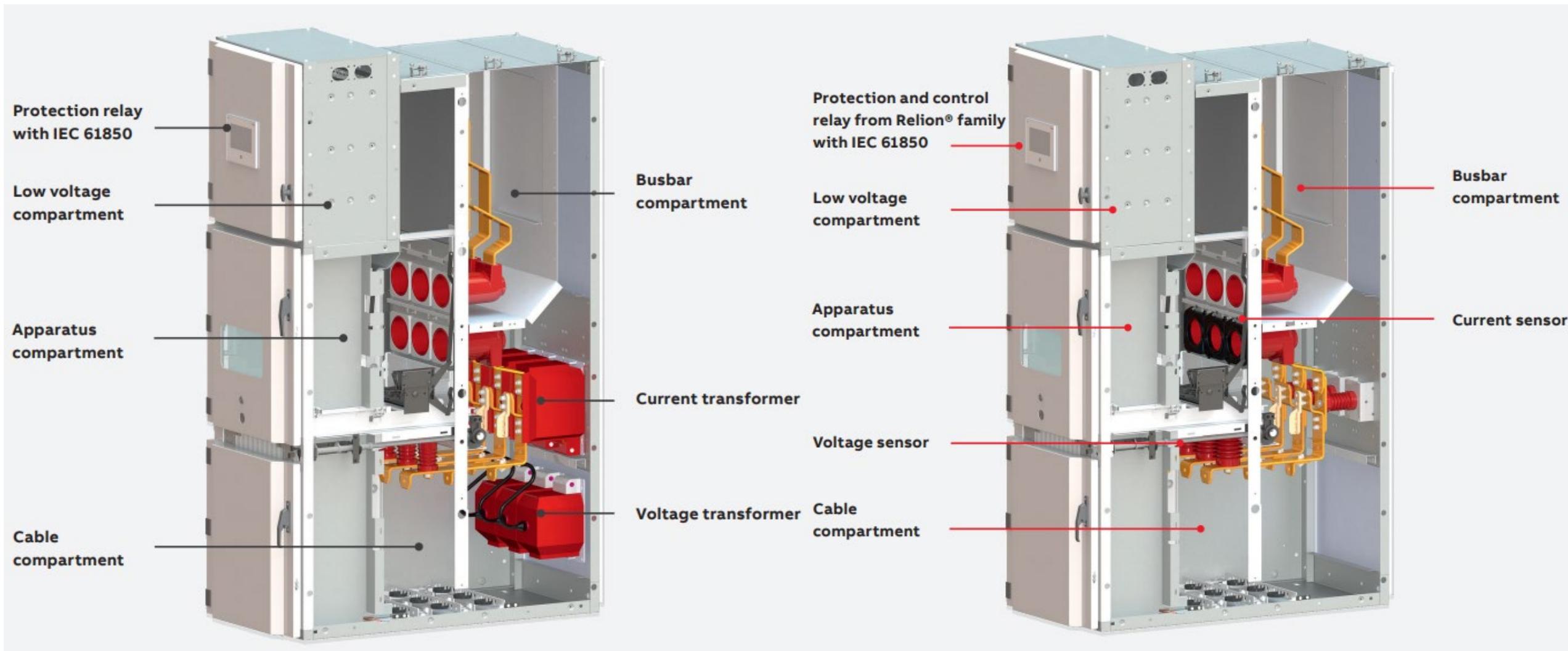
# Уменьшение размеров



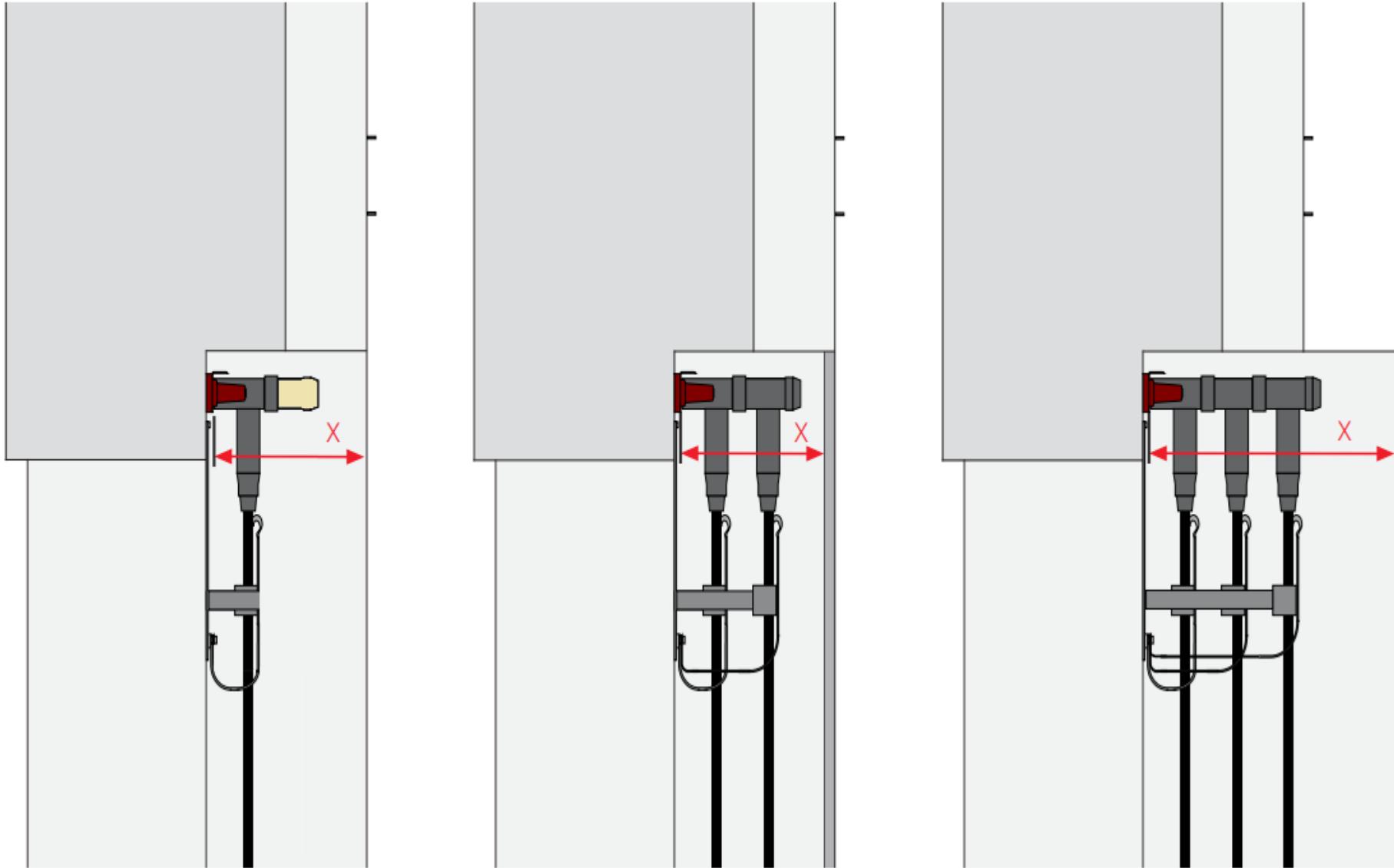
# Эволюция ячеек с воздушной изоляцией



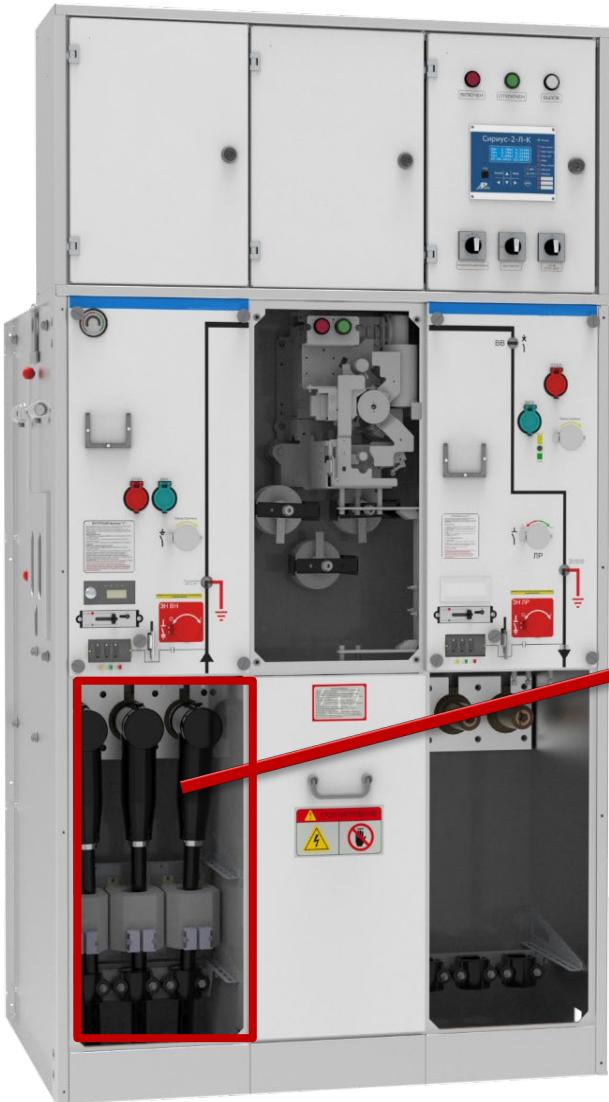
# Эволюция ячеек с воздушной изоляцией



# Нет места для ТТ, ТН



# Внешний вид КРУЭ 12/24/35 кВ



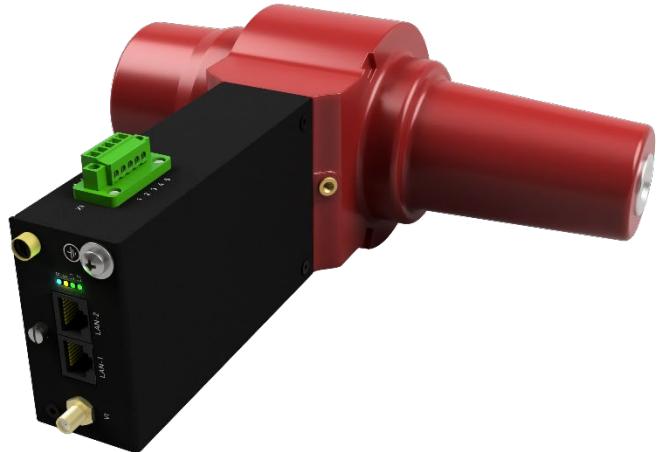
Fluorine 12/24/35 кВ



ECIT-3-20-50(1250)-TX2-24-R1



# Классификация объекта по IEC 61869



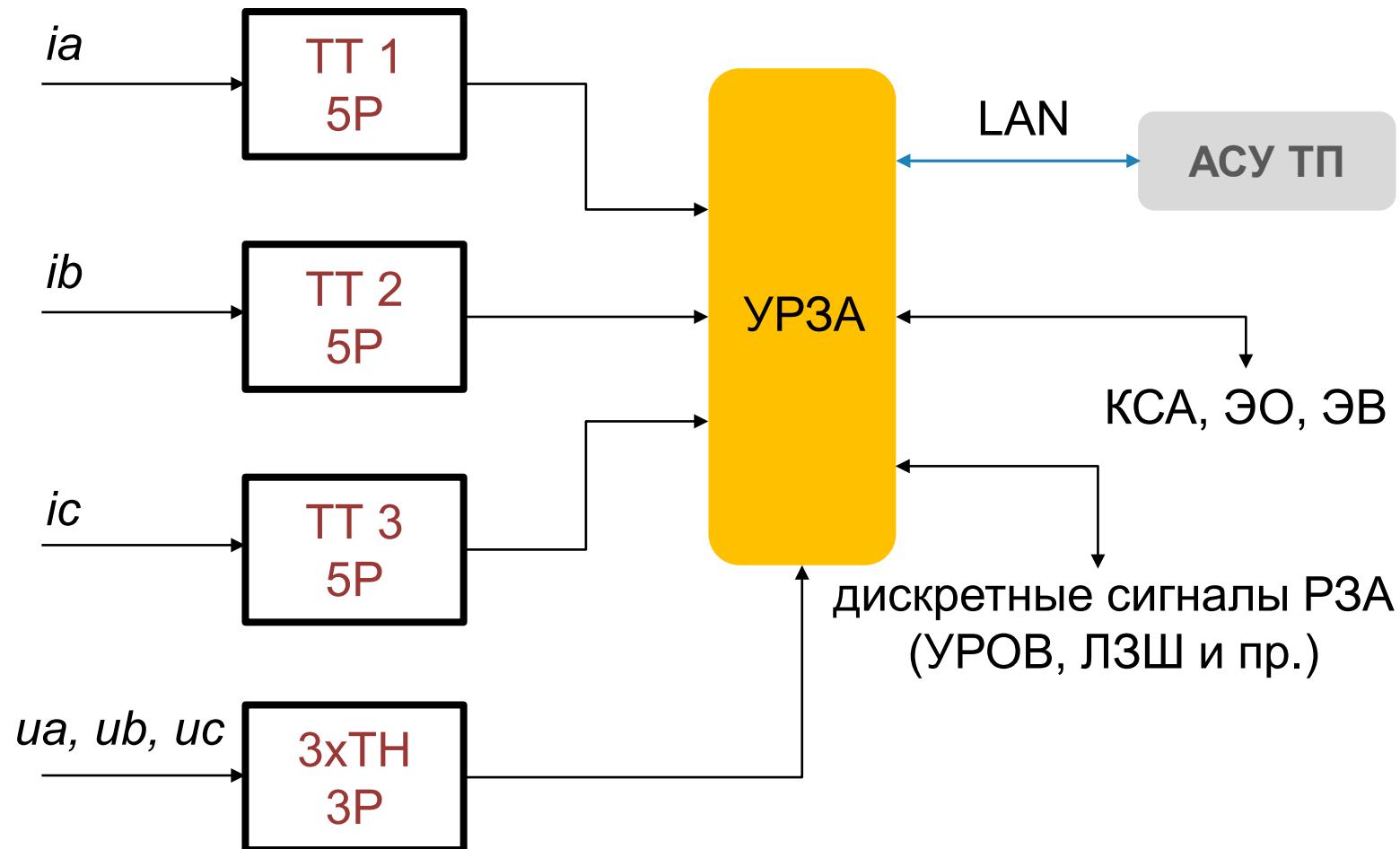
## измерительный трансформатор



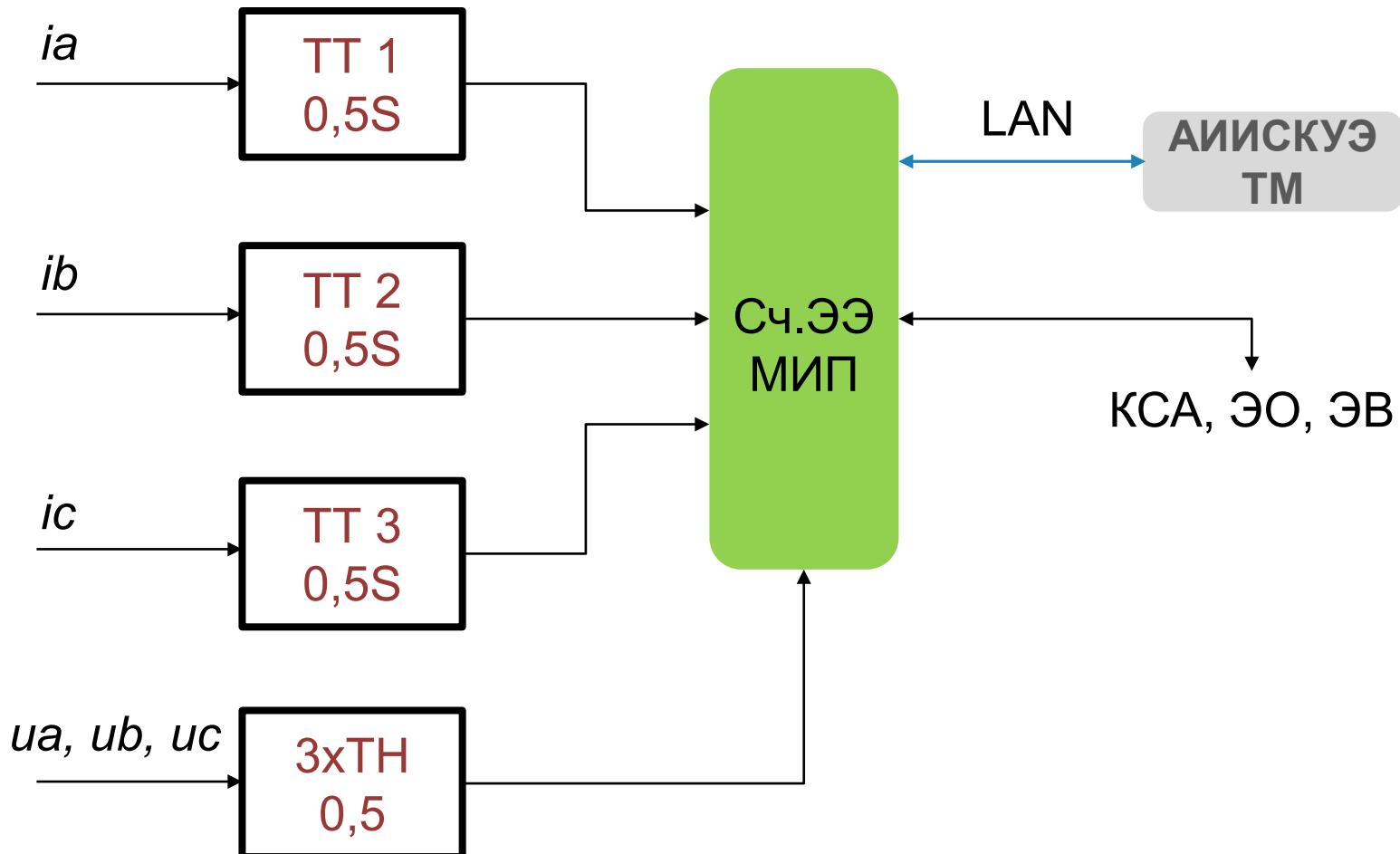
IEC 61869-1

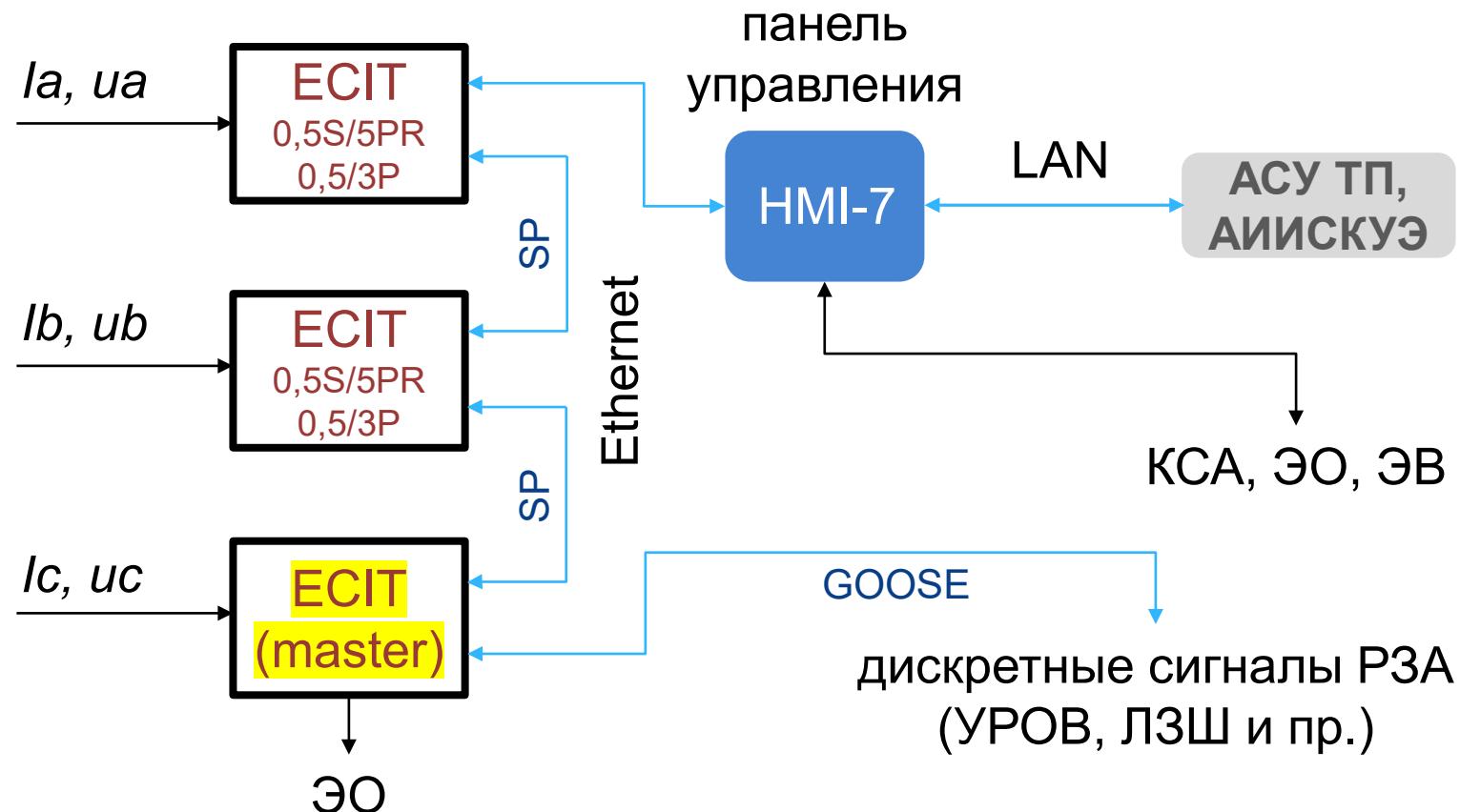


## Система РЗА ячейки 6-10 кВ

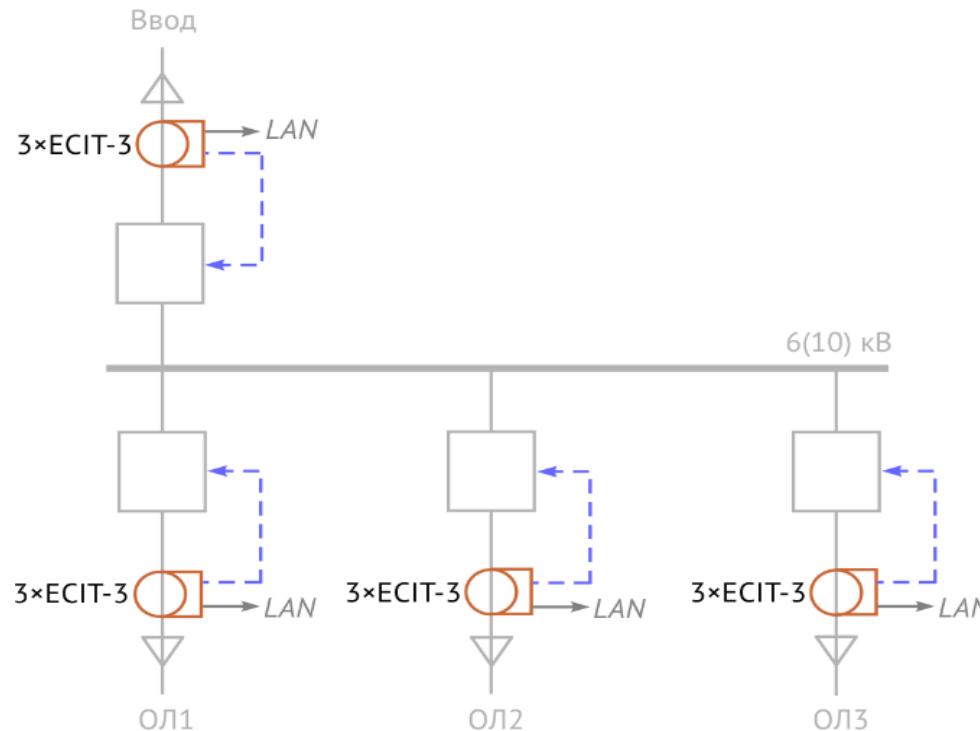


# Система учета (измерений) ячейки 6-10 кВ





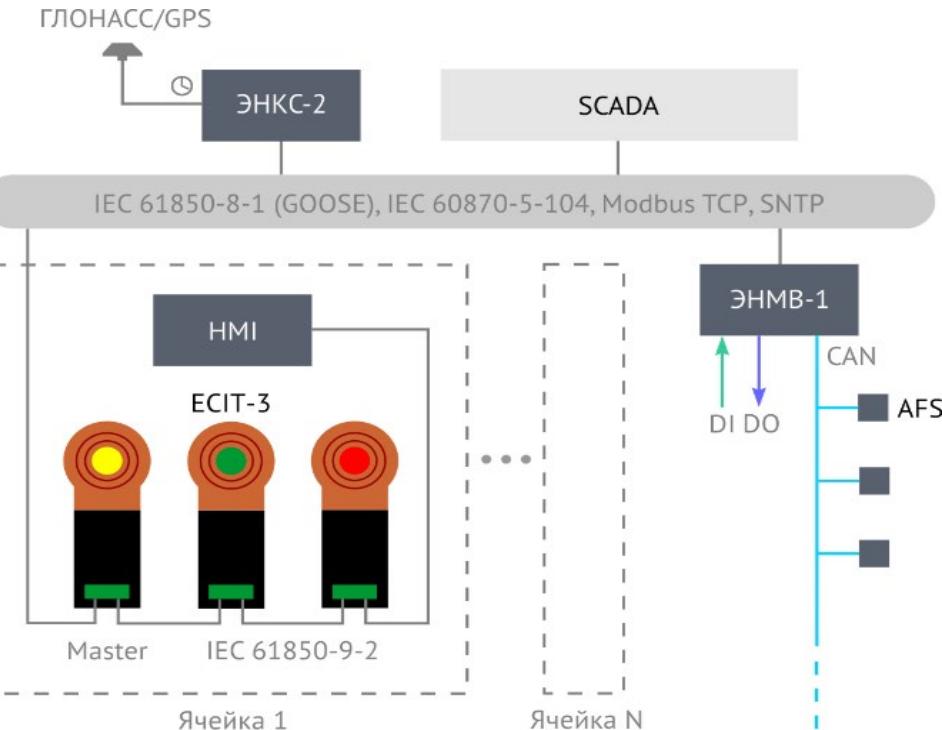
# Технология «ECIT master»



«ECIT master» выполняет фазные измерения тока, напряжения, мощности (P, Q), а также, получая данные от ECIT остальных фаз, обеспечивает трехфазный технический учет электроэнергии (Wh, VArh) и следующие виды релейной защиты присоединения:

МТЗ – максимальная токовая защита (4 ст.)

МТЗ/U – МТЗ с пуском по напряжению



МТЗ – направленная МТЗ

ТЗНП – токовая защита нулевой последовательности

ЗМН – защита минимального напряжения

ЗПН – защита от повышения напряжения

ЗДЗ – защита от дуговых замыканий (датчик дуги AFS)

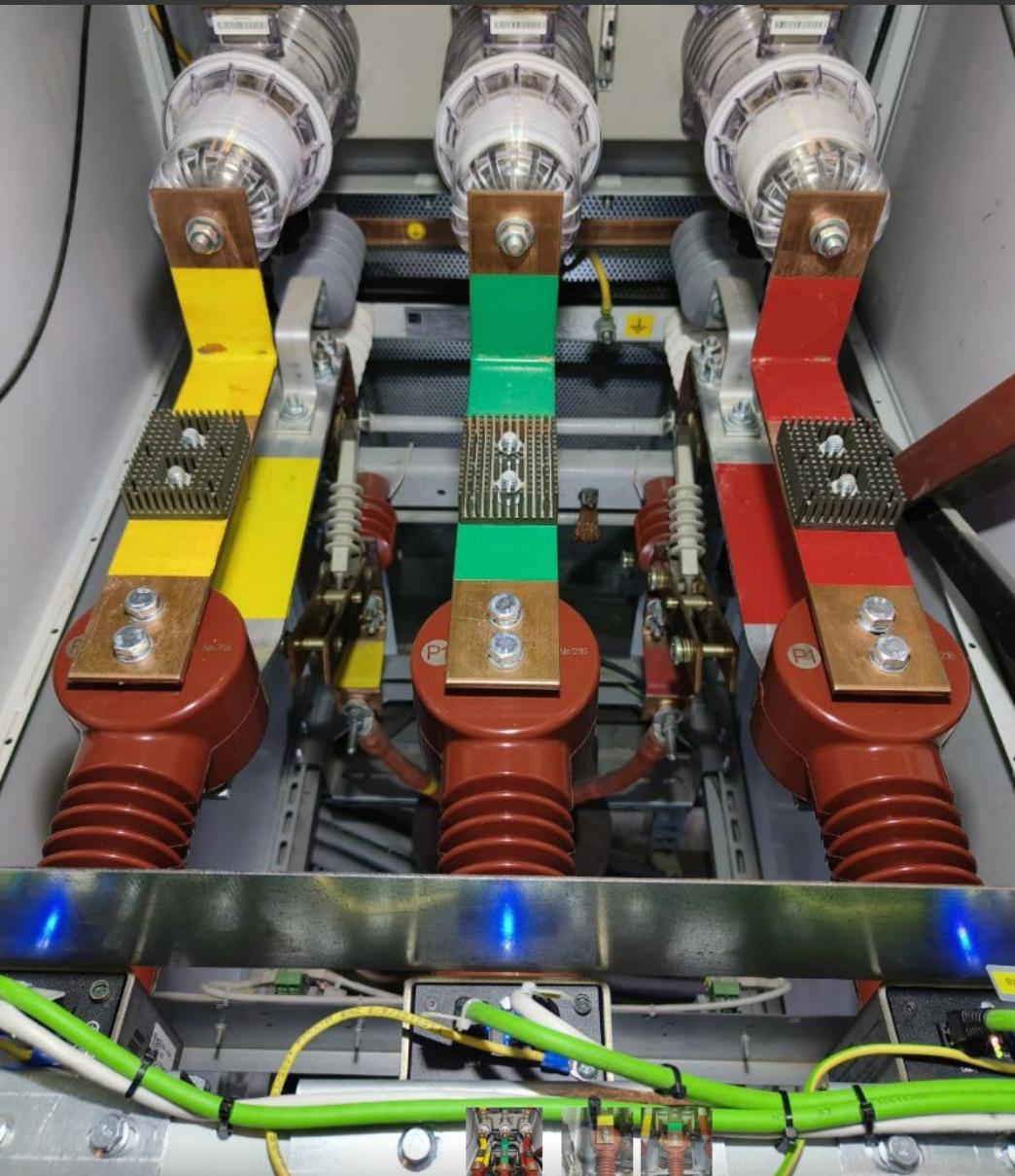
ЛЗШ – логическая защита шин

УРОВ – резервирование отказа выключателя

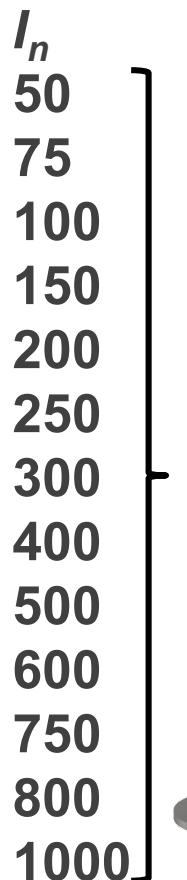
# Сравнение ячеек



## РУ 6-10 кВ с ECIT



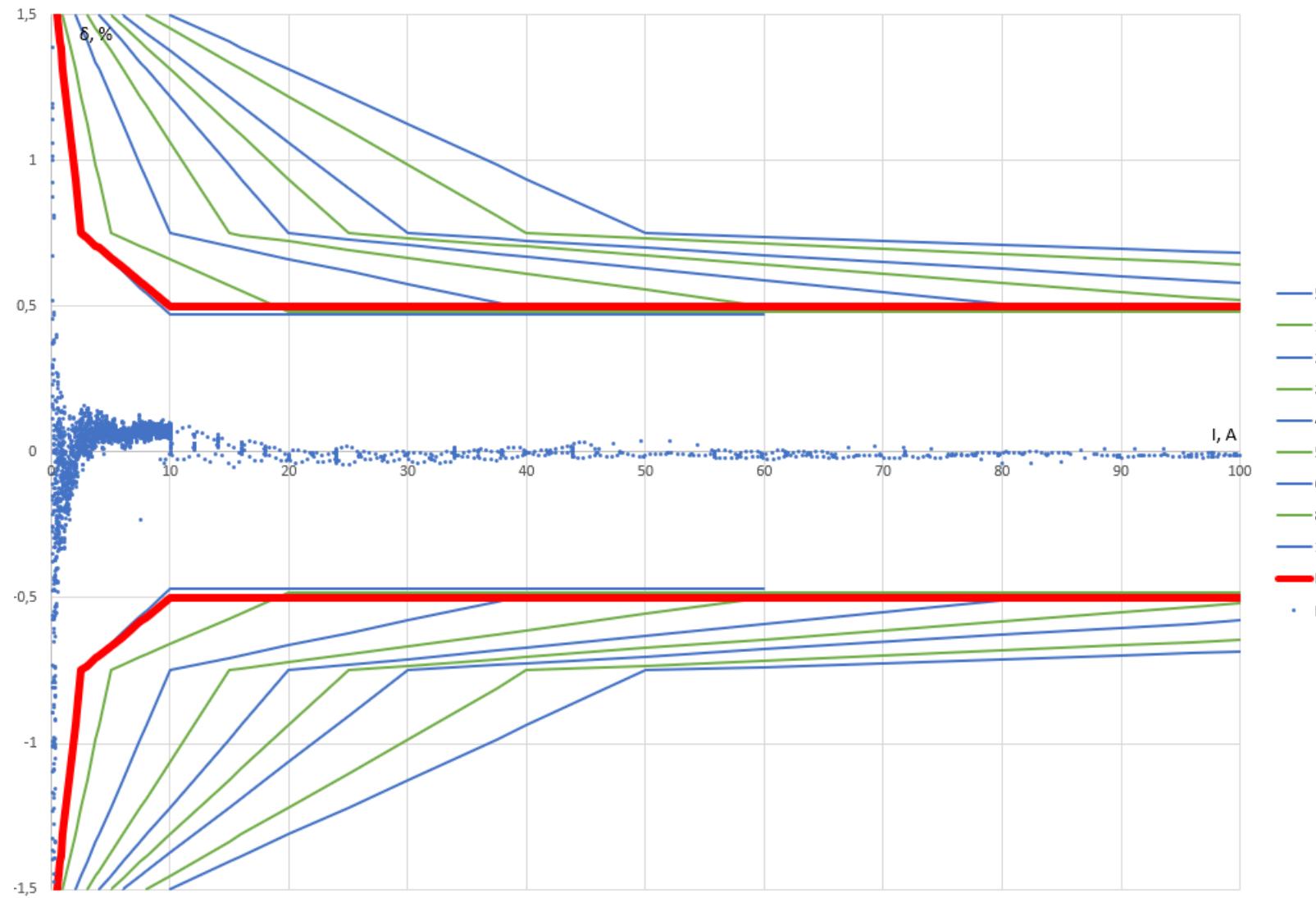
# Диапазон измерений



$U_n$

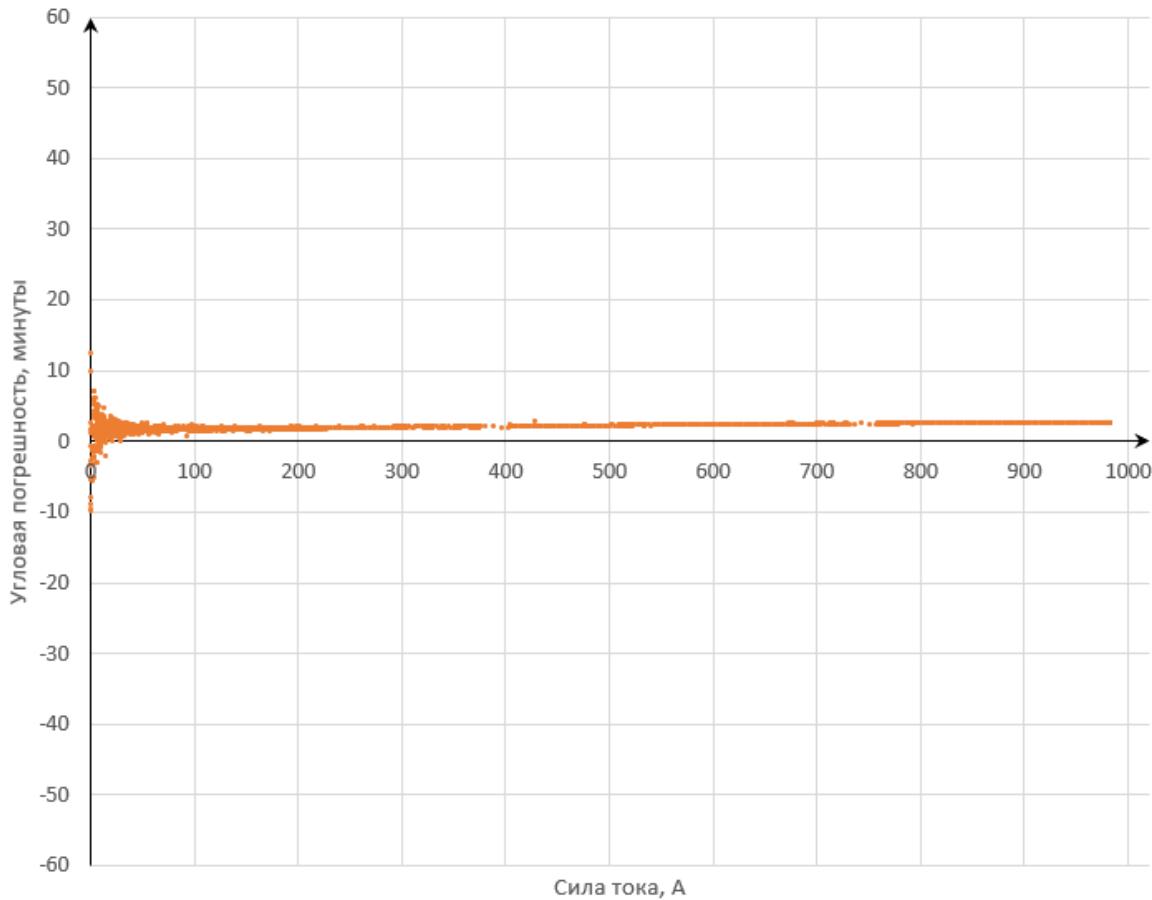
- 3000 – устаревшее, но ещё встречается в промышленности (металлургия, шахты)
- 3300 – применялось в старых промышленных сетях и для мощных двигателей
- 3600 – редко, в некоторых зарубежных системах
- 6000 – промышленные сети, генераторы, двигатели
- 6300 – вариант 6 кВ, встречается в некоторых странах
- 6600 – зарубежные генераторы, двигатели
- 10 000 – основное распределительное напряжение в РФ и СНГ
- 10 500 – иногда используется в генераторах и подстанциях
- 13 800 – распространено в США и некоторых промышленных сетях
- 15 000 – встречается в Европе и США
- 20 000 – перспективное напряжение вместо 10 кВ (Европа, РФ)

## Диапазон измерений

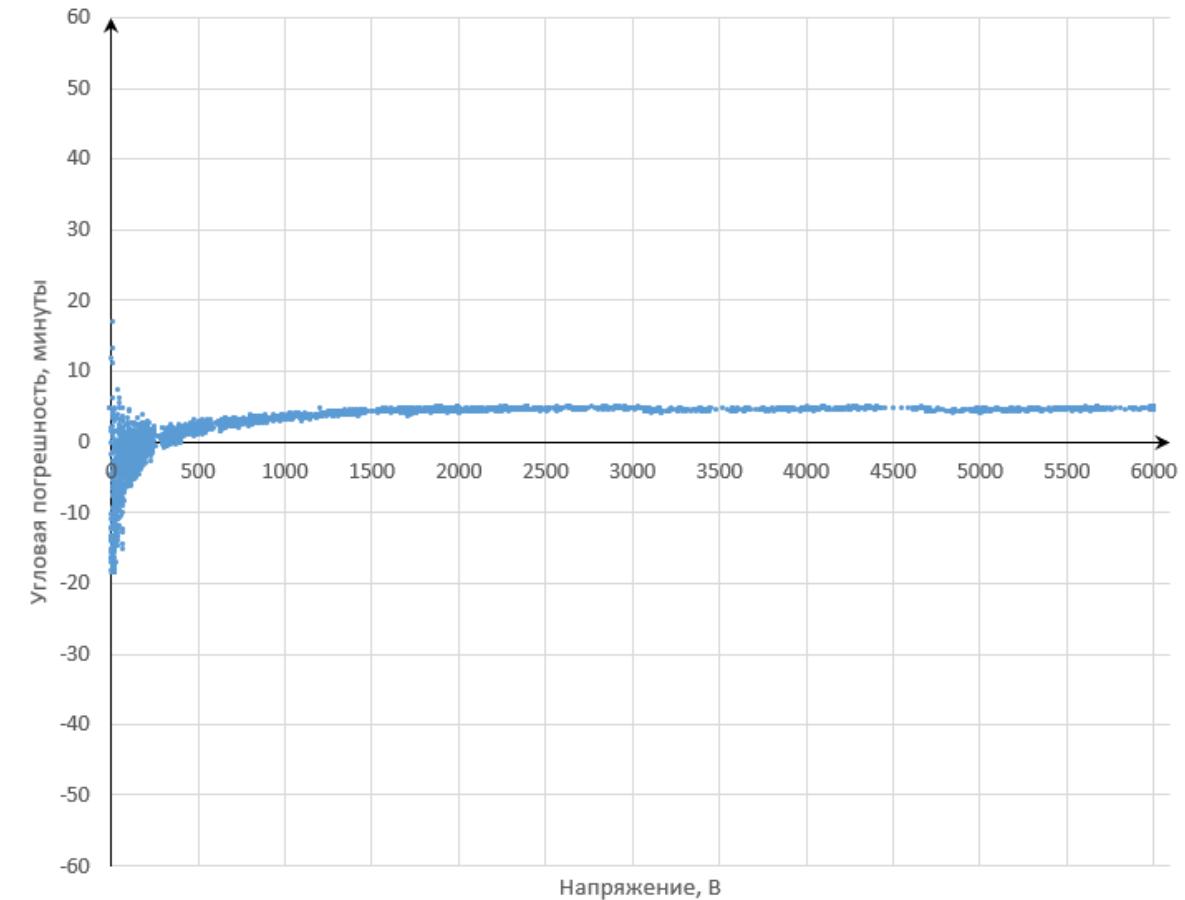


# Компенсация угловой погрешности

угловая погрешность силы тока (ЕСИТ) с компенсацией

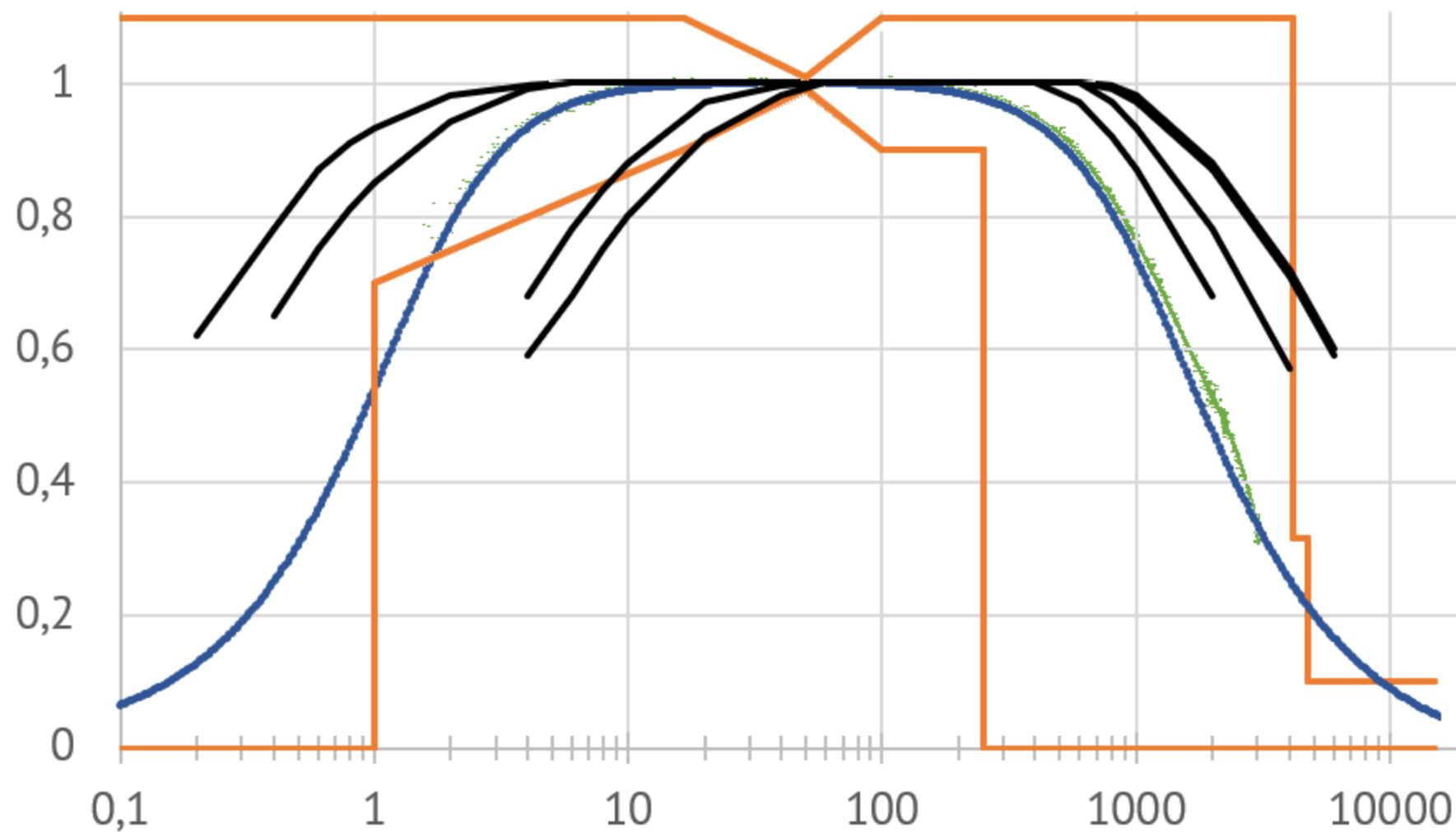


угловая погрешность напряжения (ЕСИТ) с компенсацией

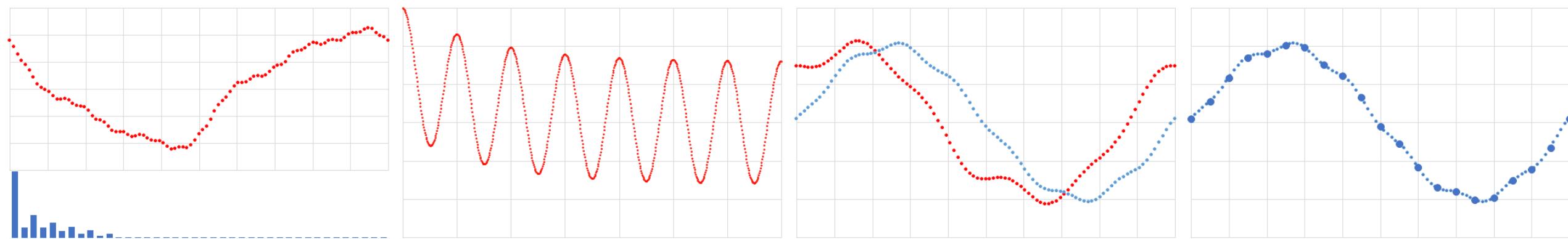
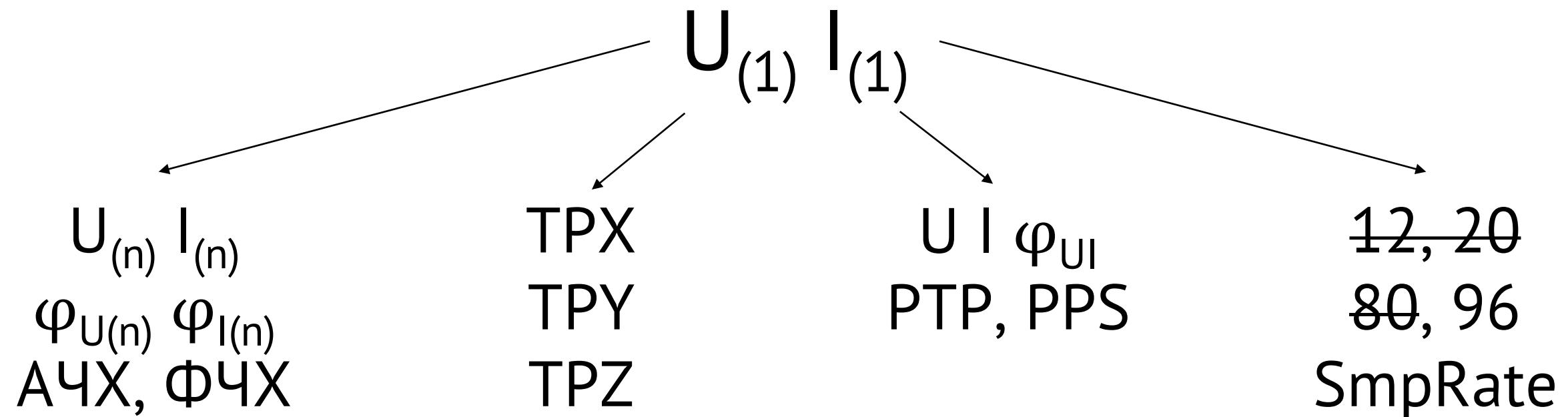


## АЧХ ТТ

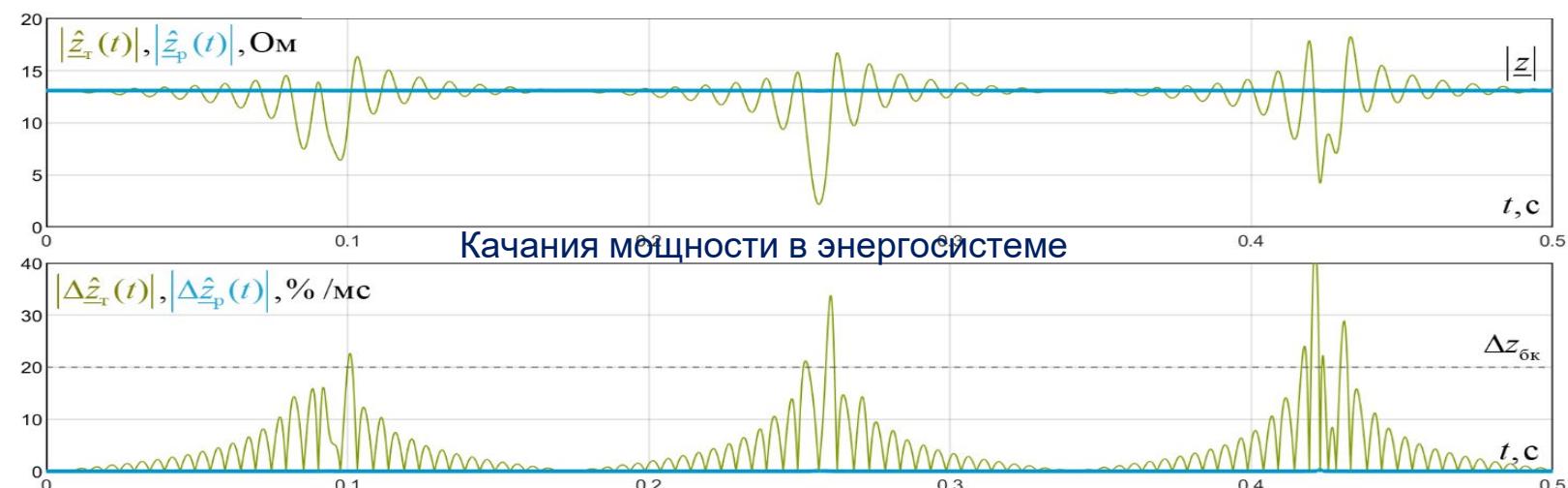
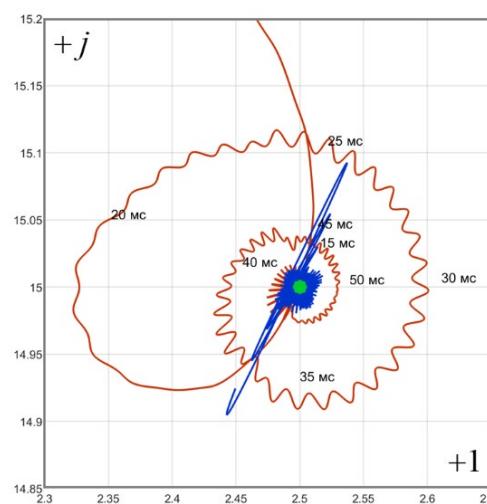
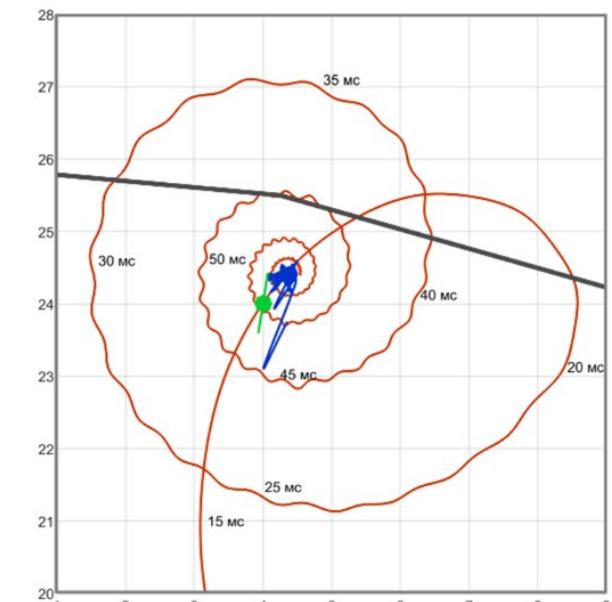
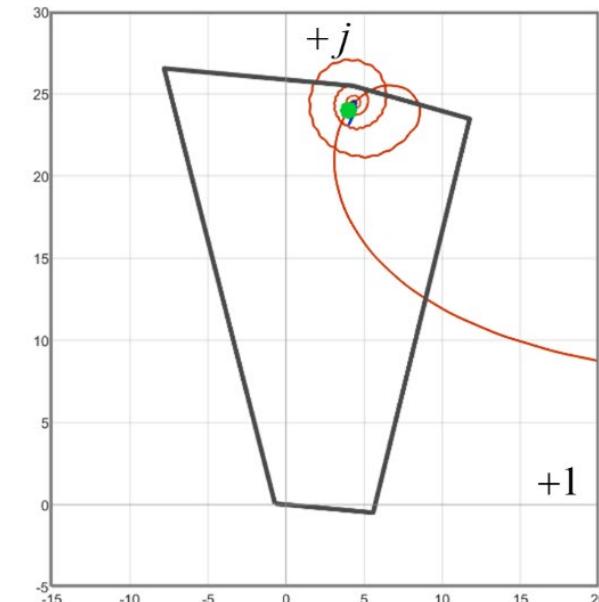
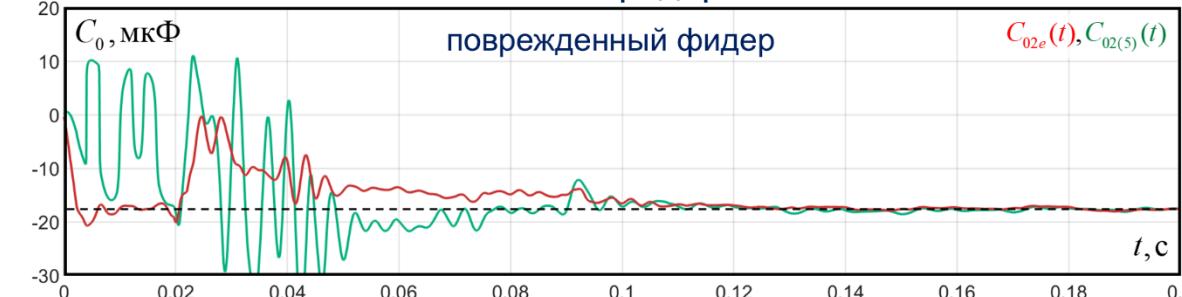
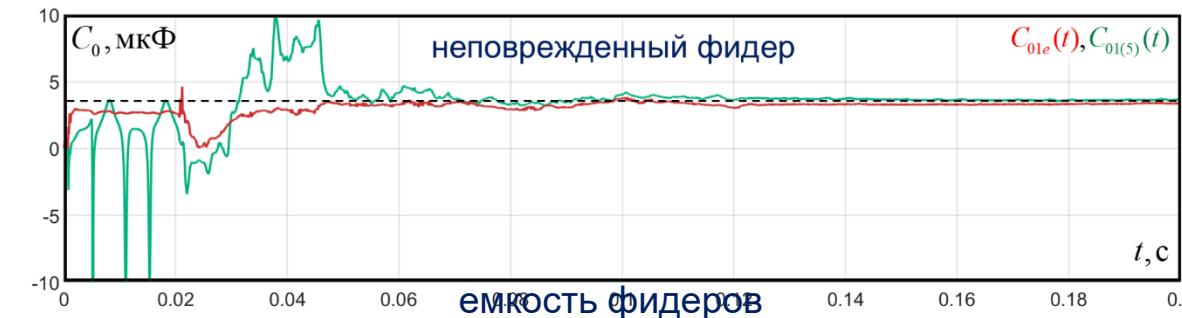
АЧХ



## Измеряемые параметры



# Новые алгоритмы защиты

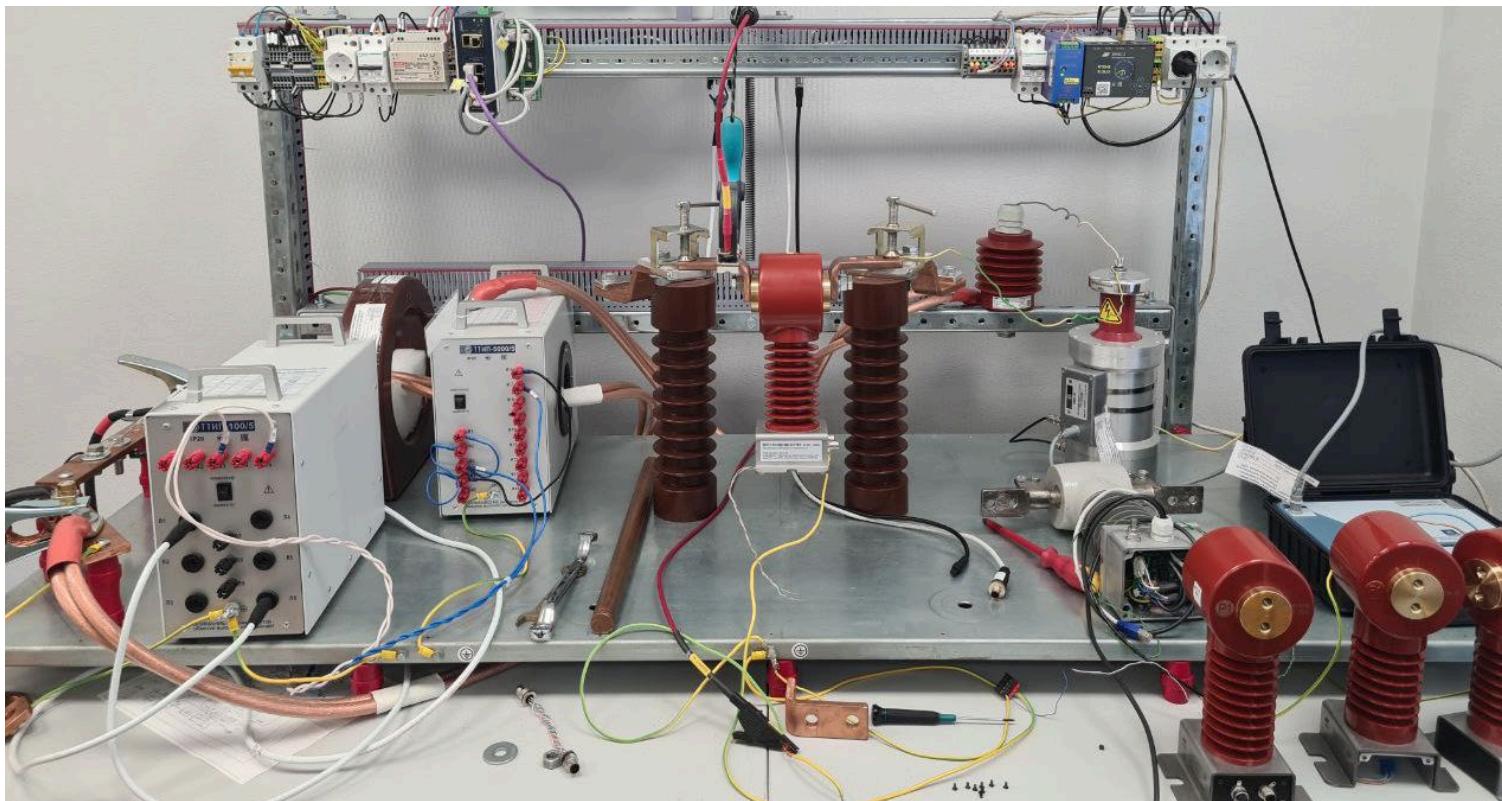


**Применение синхровекторных измерений** в составе цифровых измерительных трансформаторов и устройств РЗА **позволяет реализовать большинство известных алгоритмов релейной защиты** и автоматики для электроустановок 6–35 кВ, в том числе и в КРУЭ, **в полном соответствии с действующими требованиями** в электроэнергетике.

**Функционал устройств РЗА мигрирует в измерительные трансформаторы**, что сказывается на повышение надежности работы систем РЗА и энергосистем в целом. Поскольку **применение комбинированных измерительных трансформаторов с цифровым выходом**, **позволяет получить гораздо более качественные измерения** в различных режимах работы энергосистемы, и тем самым сделать более эффективной работу РЗА, в том числе применять РЗА на новых алгоритмах.

**Использование** в шине процесса вместо потока мгновенных значений (SV-поток) **потока синхровекторных измерений** (SP-потока) **позволяет значительно повысить пропускную способность** сети передачи данных и **снизить требования к вычислительной мощности** конечных устройств.

# Спасибо за внимание

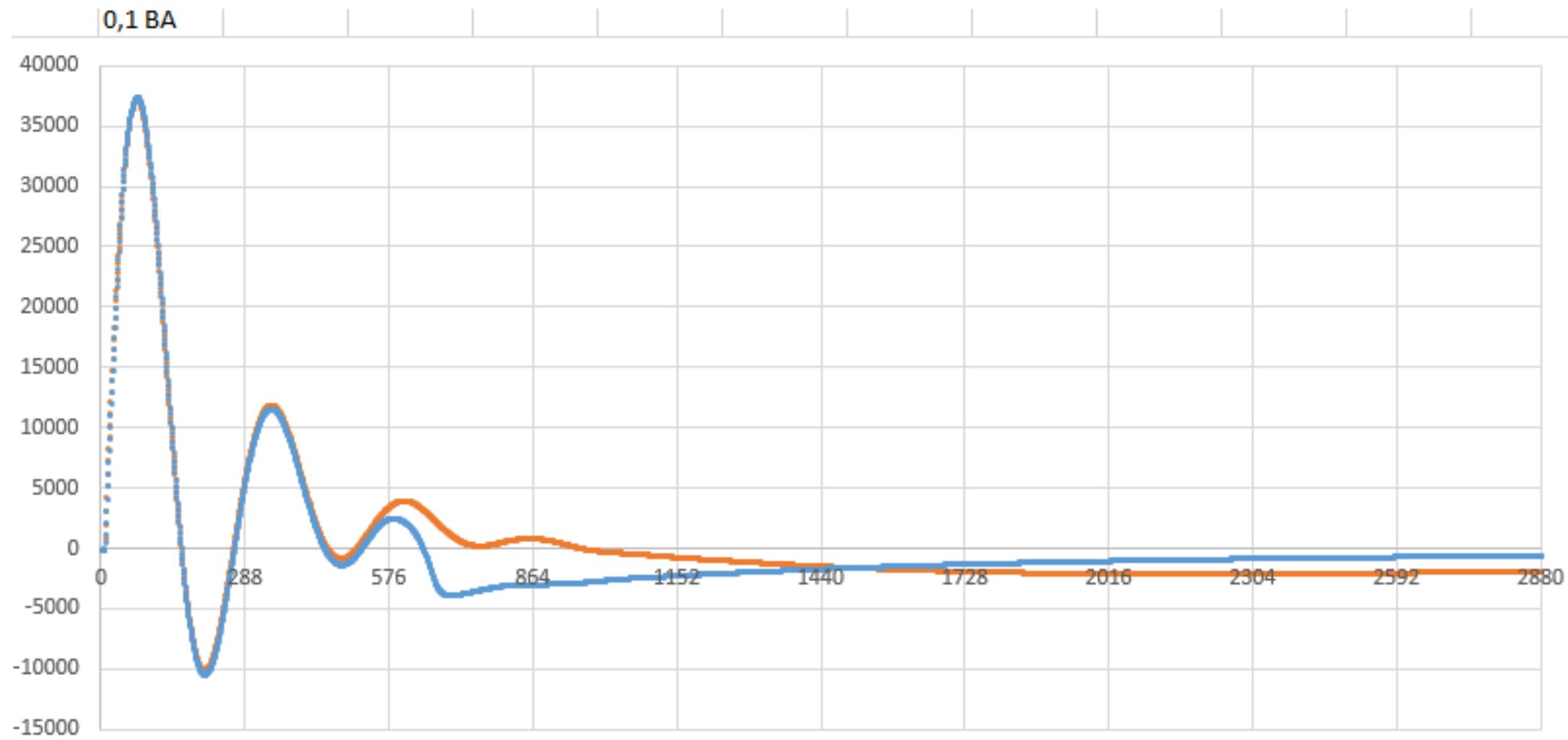


Плакидин Роман Сергеевич

ведущий инженер по метрологии

[rplakidin@ens.ru](mailto:rplakidin@ens.ru)

## Переходный режим



| IEC  | ГОСТ   |
|--|--|
| IEC 61869-1:2007 Instrument transformers – general requirements                        | ГОСТ 7746-2015 Трансформаторы тока. Общие технические условия<br>ГОСТ 1983-2015 трансформаторы напряжения. Общие технические условия<br>ГОСТ IEC 61869-1-2015 Трансформаторы измерительные. Общие требования |
| IEC 61869-6:2016 Additional general requirements for low-power instrument transformers | ГОСТ Р МЭК 61869-6-2021 Дополнительные общие требования к маломощным измерительным трансформаторам   |
| IEC 61869-1:2023 ED2.0 Instrument transformers – general requirements                  | ?  |
| IEC 61869-2:2012 Additional requirements for current transformers                      | ГОСТ 7746-2015 Трансформаторы тока. Общие технические условия<br>ГОСТ Р МЭК 61869-2-2015 Дополнительные требования к трансформаторам тока  |
| IEC 61869-3:2011 Additional requirements for inductive voltage transformers            | ГОСТ 1983-2015 трансформаторы напряжения. Общие технические условия<br>ГОСТ IEC 61869-3-2012 Дополнительные требования к индуктивным трансформаторам напряжения  |
| IEC 61869-4:2013 Additional requirements for combined transformers                     | ГОСТ Р МЭК 61869-4-2019 Дополнительные требования к комбинированным трансформаторам  |
| IEC 61869-5:2011 Additional requirements for capacitor voltage transformers            | ГОСТ 1983-2015 трансформаторы напряжения. Общие технические условия<br>ГОСТ Р МЭК 61869-5-2019 Дополнительные требования к емкостным трансформаторам напряжения  |
| IEC 60044-7:1999 Electronic voltage transformers                                       | ГОСТ Р МЭК 60044-7-2010 Электронные трансформаторы напряжения  |
| IEC 60044-8:2002 Electronic current transformers                                       | ГОСТ Р МЭК 60044-8-2010 Электронные трансформаторы тока  |
| IEC 61869-7:DRAFT Specific requirements for low power voltage transformers             | -  |
| IEC 61869-8:DRAFT Specific requirements for low power current transformers             | -  |
| IEC 61869-9:2016 Digital interface for instrument transformers                         | Проект (?)   |
| IEC 61869-10:2017 Additional requirements for low-power passive current transformers   | ГОСТ Р 59408-2021 Дополнительные требования к маломощным пассивным трансформаторам (преобразователям) тока   |
| IEC 61869-11:2017 Additional requirements for low power passive voltage transformers   | ГОСТР 59409-2021 Дополнительные требования к маломощным пассивным трансформаторам (преобразователям) напряжения  |
| IEC 61869-13:2021 Stand-alone merging unit   | Проект (?)   |

# Моделирование емкостного делителя

