

**НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО  
«НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СОВЕТ ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ  
СИСТЕМЫ»**

---

---

**«УТВЕРЖДАЮ»**

Президент НП «НТС ЕЭС»,  
д.т.н., профессор

Н.Д. Роголев

«30» декабря 2020 г.

**ПРОТОКОЛ**

заседания секции «Проблемы надежности и эффективности релейной защиты и средств автоматического системного управления» и секции «Управления режимами энергосистем, РЗА» НП «НТС ЕЭС» по теме: **«Готовность к применению цифровых оптических трансформаторов тока на объектах электроэнергетики ЕЭС России»**

14 октября 2020 г.

г. Москва

**Присутствовало: 140 человек (список представлен в Приложении 1).**

**На заседании выступили:**

***С вступительным словом:***

- Председатель секции «Проблемы надежности и эффективности релейной защиты и средства автоматического системного управления в ЕЭС России», к.т.н. – А.В. Жуков

***С докладом:***

- «Цифровые трансформаторы тока и напряжения АО «Профотек»: готовность к серийному применению на объектах электроэнергетики» - М.А. Янин (АО «Профотек») (приложение 2).

***В обсуждении докладов и прениях выступили:***

А.В. Жуков, М.А. Янин, А.С. Шеметов, В.С. Антипин, Д.А. Григорьев, А.В. Шевелев, А.А. Волошин, А.А. Шапеев, А.П. Морозов, Г.А. Ведерников, Д.В. Кишиневский, О.В. Рудаков.

**Заслушав доклады, выступления участников в дискуссии, заседание отмечает следующее:**

1. Разработка технологии создания нетрадиционных измерительных трансформаторов тока и напряжения для возможности их применения в разрабатываемых сегодня системах защиты, автоматики и управления цифровых объектов электроэнергетики является международным трендом и соответствует направлениям развития российской электроэнергетики. Лидером разработки и внедрения этих инновационных технологий в России на основе применения оптического волокна является АО «Профотек»

2. Цифровые оптические измерительные трансформаторы тока (ОТТ) и электронные трансформаторы напряжения (ЭТН) обладают существенными преимуществами перед традиционными электромагнитными трансформаторами тока класса Р, так как они не подвержены насыщению и обеспечивают высокую точность измерений во всем широком диапазоне рабочих значений измеряемых параметров, обладают повышенной безопасностью эксплуатации по сравнению с традиционными ТТ и ТН в связи с отсутствием элегазового и маслонаполненного оборудования, преимущественные стоимостные показатели в сетях СВН и в сетях с большими кратностями ТКЗ.

3. Разработанные АО «Профотек» ОТТ и ЭТН охватывают номенклатуру измерительных трансформаторов классов напряжения от 6 кВ до 750 кВ включительно. Заявляемые АО «Профотек» характеристики измерительных трансформаторов АО «Профотек» подтверждены результатами испытаний, проведенных как в российских, так и зарубежных исследовательских центрах. Согласно полученным результатам технические параметры оборудования АО «Профотек» соответствуют требованиям российских НТД (ГОСТ Р-МЭК 60044-7, 60044-8, 61850-3-2013), параметрам аналогичных измерительных трансформаторов таких производителей как Siemens, ABB, GE, Artech, а по отдельным позициям даже превосходят их.

4. Внедрение ОТТ и ЭТН на объектах электроэнергетики выполняется в рамках реализации пилотных проектов создания цифровых подстанций с различными архитектурными решениями и полигонов по отработке цифровых

технологий управления на действующих энергетических объектах, например ПП 500 кВ Тобол, Нижегородская ГЭС.

5. В настоящее время в ЕЭС России выявлена проблема насыщения современных электромагнитных ТТ класса Р существующих и устанавливаемых на вновь вводимых и реконструируемых объектах электроэнергетики, при протекании через них токов КЗ со значительной апериодической составляющей, характерной для реактированных сетей ВН и СВН и, как следствие, возникновением рисков неправильной работы устройств РЗ, приводящей к возникновению аварийной ситуации в энергосистеме.

6. Учитывая то обстоятельство, что ОТТ не подвержены насыщению при КЗ, актуальным является вопрос оценки современного уровня их разработки и возможности их масштабного применения на объектах электроэнергетики ЕЭС России. Проблема насыщения электромагнитных ТТ класса Р выявила необходимость корректировки российской базы НТД как по традиционным электромагнитным измерительным трансформаторам, так и разработки требований НТД для создания и применения нетрадиционных измерительных трансформаторов тока и напряжения.

7. В настоящее время указанные требования определены в Правилах технологического функционирования электроэнергетических систем, утвержденных Постановлением Правительства Российской Федерации от 13 августа 2018 № 937 и в предварительном национальном стандарте ПНСТ 283-2018 «Трансформаторы измерительные. Часть 2. Технические условия на трансформаторы тока», который введен в действие приказом от 30 октября 2018 № 51-пнст Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) 1 января 2019 (далее – ПНСТ 283-2018).

8. Разработка национальных стандартов, регламентирующих новые требования к работе трансформаторов тока в переходных режимах, ведется в рамках программ технического комитета по стандартизации «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА» (ТК 016).

9. Применение ОТТ и ЭТН позволяет:

- а. обеспечить точность измерений параметров электрического режима сети в широком диапазоне их рабочих значений;
- б. предоставить цифровой поток данных измерений, необходимых для реализации современных архитектур ЦПС и функционирования современных цифровых систем защиты, мониторинга и управления (РЗА) в соответствии с современными требованиями развития мировой и российской электроэнергетики;

с. обеспечить установку на присоединениях при замене устаревших и отработавших свой ресурс измерительных трансформаторов без проведения масштабных работ по реконструкции объекта электроэнергетики.

d. расширить информационную платформу разработки и применения систем мониторинга и диагностики эксплуатационного состояния основного оборудования объектов электроэнергетики и обеспечить, тем самым, переход на эксплуатацию оборудования по их текущему состоянию, что является одной из главных задач отрасли в области эксплуатации энергетического и электросетевого оборудования.

10. Технологические решения, лежащие в основе работы цифровых оптических трансформаторов являются на сегодняшний день наиболее инновационными в области измерений токов и напряжений на электроэнергетических объектах, полностью отвечают стратегии цифровизации, принятой Министерством энергетики России и такими компаниями как ПАО «Россети», ГК Росатом и др. Разработка является полностью российской.

11. Высокая степень апробации технических решений на базе при создании цифровых ОТТ. Пилоты по различному применению ОТТ, производства АО «Профотек» (более 30 пилотных проектов в России и за рубежом) позволили компании значительно доработать конструкцию ОТТ, повысить надежность данного оборудования и выработать рекомендации по его дальнейшему применению. Результаты пилотов подтверждены, в том числе, такими лабораториями как КЕМА, лаборатория Массачусетского технологического университета, IREQ:

a. конструкция ОТТ, разработки АО «Профотек», позволяет измерять ток присоединений классов напряжения до 750 кВ в диапазонах от 50 до 190 000 А переменного тока и от 100 до 460 000 А постоянного тока в том числе в сложных переходных режимах с точностью не хуже 0,2S для коммерческого учета и 5TPE для устройств в релейной защиты (трансформаторы переходных процессов);

b. высокое качество изготовления ОТТ– расхождение измерений величины тока у однотипных ОТТ не превышает 0,1-0,2.

12. С целью оценки результатов разработки технических решений, организации мониторинга и анализа функционирования инновационной части ПС 500 кВ Тобол, а также формирования рекомендаций о дальнейшем возможном промышленном применении ОТТ и ЭТН была создана Рабочая



группа из представителей АО «СО ЕЭС», ПАО «ФСК ЕЭС», а также производителей цифровых ТТ и ТН и устройств РЗА.

13. В течение 2019-2020 гг. года Рабочей группой осуществлялся постоянный мониторинг и анализ функционирования инновационной части ПС 500 кВ Тобол, по результатам которых были выявлены периодические самопроизвольные искажения в SV-потоках тока и напряжения без возмущений в первичной сети, пропадания и ошибки SV-потоков, сдвиг угла между значениями токов и напряжений, получаемых устройствами РЗА по SV-потокам, относительно значений токов и напряжений, получаемых устройствами РЗА от традиционных ТТ и ТН, все это могло привести к неправильной работе устройств РЗА.

14. С целью устранения вышеуказанных недостатков, производителями устройств РЗА и ОТТ и ЭТН (АО «Профотек», ООО «НПП «ЭКРА», ООО «Сименс», ООО «Релематика») была произведена доработка аппаратного и программного обеспечения электронных оптических блоков ОТТ и ЭТН, корректировка программного обеспечения устройств РЗА.

15. С целью анализа работы ОТТ и ЭТН и устройств РЗА в переходных режимах Рабочей группой были проведены два опыта: опыт постановки под напряжение автотрансформатора (далее – АТ) на ПС 500 кВ ЗапСиб от ВЛ 500 кВ Тобол-ЗапСиб II цепь (декабрь 2019 года) и опыт короткого замыкания (далее - КЗ) на ВЛ 500 кВ Тобол-ЗапСиб II цепь (август 2020 года). В результате опытов было установлено следующее:

- а. ОТТ и ЭТН показали высокую точность измерений токов и напряжений при постановке под напряжение АТ и КЗ;
- б. значение вторичного тока от ОТТ не имело искажений в отличие от традиционных аналоговых электромагнитных ТТ, обусловленных их насыщением из-за наличия апериодической составляющей в токе намагничивания АТ;
- с. выявлены отличия значений напряжений, получаемых от ЭТН и традиционного аналогового ТН при отключении неповрежденных фаз ВЛ 500 кВ Тобол-ЗапСиб II цепь. Разница в 0-й гармонике обусловлена разницей постоянной времени в процессе разряда нижнего конденсатора, при этом, для других гармоник форма кривых до и во время КЗ совпадает. Исключение составляет 3-я гармоника, уровень которой практически в 2 раза больше у аналоговых ТН. После КЗ высшие гармоники у цифрового ОТН мгновенно принимают нулевые значения. В то время как у аналогового ТН они только возрастают. Апериодическая составляющая, присутствующая в измерениях напряжения у ЭТН, была легко отфильтрована терминалами. При этом

присутствие в сигнале ЭТН основной гармоники в достаточном объёме и существенно меньшее содержание высших гармоник позволили терминалам быстрее выделить из сигнала основную гармонику и отправить сигнал на отключение выключателя. И напротив, присутствие высших гармоник в сигнале аналогового ТН замедлило обработку такого сигнала и как следствие отправку команды на отключение выключателя;

d. правильная работа подключенных к цифровым ОТТ и ЭТН устройств РЗА ООО «НПП «ЭКРА» при коротком замыкании на ВЛ 500 кВ Тобол-ЗапСиб II цепь;

e. отказ срабатывания (блокировка) терминала ООО «Сименс», подключенного к цифровым ОТТ и ЭТН при коротком замыкании на ВЛ 500 кВ Тобол-ЗапСиб II цепь, из-за отсутствия четких стандартизованных требований по передаче значений тока  $3I_0$  и  $3U_0$  по протоколу МЭК-61850, что привело к различной их интерпретации со стороны производителя терминала и производителя цифровых измерительных трансформаторов. Особо следует отметить, что в предварительно проведенных испытаниях на проверку соответствия технических характеристик ОТТ и ЭТН и подключенных к ним устройств РЗА ООО «Сименс» (2015, 2018, 2019, 2020гг) в терминалах Siprotec 5 функция блокировки по причине несоответствия знака  $3I_0$  и  $3U_0$  рассчитанными в терминале и полученными по сети была отключена и срабатывание терминала были успешны. В корпоративном профиле МЭК 61850-9-2 ПАО ФСК ЕЭС данные значения также не передаются, а рассчитываются терминалом для исключения неопределенностей.

16. В настоящее время Рабочей группой продолжался мониторинг функционирования инновационной части ПС 500 кВ Тобол. По-прежнему наблюдаются периодические ошибки синхронизации времени, передачи и приема SV-поток, хотя, стоит отметить, что их количество сократилось в несколько раз. Искажения SV-поток после доработки программного обеспечения электронных оптических блоков ОТТ и ЭТН не наблюдаются.

17. По результатам работы совместной рабочей группы сделаны следующие выводы:

a. Принятие решения о готовности промышленного применения ОТТ и ЭТН (без дублирования функций РЗА ЛЭП (оборудования) от традиционных аналоговых ТТ и ТН) возможно только при условии их стабильной и надежной работы.

- b. Для принятия такого решения необходимо накопление положительного опыта эксплуатации ОТТ и ЭТН в различных режимах функционирования, для чего необходима дополнительная реализация пилотных проектов на других объектах энергетики.
- c. Планируется продолжение работ по опытной эксплуатации и исследованию совместной работы ОТТ и ЭТН и подключенных к ним устройств РЗА в различных режимах, проведение которой позволит уверенно говорить о готовности их к промышленному применению.
- d. Полученный опыт эксплуатации и результаты исследований будет положен в основу разработки новых алгоритмов функционирования устройств РЗА, направленных на улучшение их качественных характеристик.
- e. Создание цифрового полигона на ПС 500 кВ Тобол позволило получить опыт эксплуатации передовых инновационных цифровых технологий, в условиях приближенных к реальным, который будет учтен в требованиях НПА и НТД разрабатываемых в отрасли.

Рассмотрев материалы НТС и заслушав докладчиков, совместное заседание секции «Проблемы надежности и эффективности релейной защиты и средств автоматического системного управления» и секции «Управления режимами энергосистем, РЗА» НП «НТС ЕЭС» **приняло следующие решения:**

1. Одобрить представленные АО «Профотек» материалы, характеризующие высокий достигнутый отечественный уровень разработки технологии применения оптического волокна для создания ОТТ и ЭТН, уровень технических характеристик которых не уступает характеристикам аналогичного оборудования ведущих мировых производителей.

2. Рекомендовать АО «Профотек» совместно с производителями вторичных устройств для «цифровых подстанций» (ЦПС), проектными институтами, представителями эксплуатирующих организаций активизировать работы по устранению выявленных в процессе опытной эксплуатации замечаний, разработку типовых технических решений по ЦПС, ускорить разработку проектов НТД, необходимой для корректной работы ЦПС, включив их в программу работы ТК016

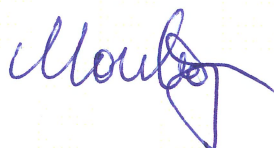
3. Рекомендовать субъектам электроэнергетики, собственникам объектов электроэнергетики инициировать пилотные внедрения ОТТ на объектах электроэнергетики с целью получения эксплуатационным персоналом, проектными и инжиниринговыми компаниями необходимого опыта интеграции цифровых потоков SV ОТТ и ЭТН при разработке,

проектировании и накоплении опыта эксплуатации цифровых АСУ ТП и РЗА и статистики по надежности работы ОТТ, ЭТН;

4. Рекомендовать АО «Профотек», совместно с ведущими энергетическими ВУЗами разработать программы обучения по проектированию, наладке и эксплуатации ОТТ, ЭТН;

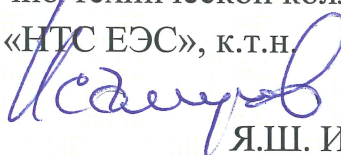
5. Результаты разработки и применения технологии, полученные в процессе проектирования и опытной эксплуатации пилотных проектов ЦПС, рассмотреть на заседании научно-технической коллегии НП «НТС ЕЭС» в 2021. По итогам рассмотрения опыта реализации ЦПС с применением ОТТ и ЭТН принять решение о возможности применения ОТТ, ЭТН на объектах электроэнергетики ЕЭС России.

Первый заместитель Председателя  
Научно-технической коллегии  
НП «НТС ЕЭС», д.т.н., профессор



В.В. Молодюк

Ученый секретарь  
Научно-технической коллегии  
НП «НТС ЕЭС», к.т.н.



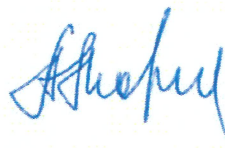
Я.Ш. Исамухамедов

Председатель секции «Управление  
режимами энергосистем, РЗА»  
НП «НТС ЕЭС»



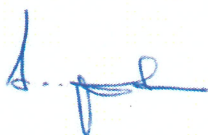
А.Ф. Бондаренко

Ученый секретарь секции  
«Управление режимами энергосистем,  
РЗА» НП «НТС ЕЭС»



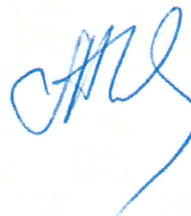
А.Ф. Морозова

Председатель секции «Проблемы  
надежности и эффективности  
релейной защиты и средства  
автоматического системного  
управления в ЕЭС России» НП  
«НТС ЕЭС», к.т.н.



А.В. Жуков

Ученый секретарь секции «Проблемы  
надежности и эффективности  
релейной защиты и средства  
автоматического системного  
управления в ЕЭС России» НП «НТС  
ЕЭС»



А.И. Расщепляев

	<b>ФИО</b>	<b>Организация</b>
1.	Александров Александр Сергеевич	ПАО «Россети Волга»
2.	Александров Леонид Борисович	АО «Профотек»
3.	Алексеев Валерий Сергеевич	ООО НПП «ЭКРА»
4.	Алексей Осотов	ООО АББ Электрические Сети
5.	Андрей Маслов	ООО АББ Электрические Сети
6.	Андро Александр Александрович	филиал «Россети ФСК ЕЭС» МЭС Востока
7.	Антипин Виталий Сергеевич	АО «СО ЕЭС»
8.	Антонов Владислав Иванович	ООО НПП «ЭКРА»
9.	Атаманов Владимир Викторович	АО «Русатом Автоматизированные системы управления» Филиал «Русатом – Электротехника»
10.	Балашов Сергей Васильевич	АО «ВНИИР»
11.	Беляев Илья Александрович	ООО «ПиЭлСи Системы»
12.	Бессарабова Марина	PLS Technology
13.	Бикмухаметов Ринат Рафгатович	ПАО «РусГидро»
14.	Блинов Дмитрий Викторович	ООО «Релематика»
15.	Богданов Евгений Александрович	АО «ОЭК»
16.	Бойко Олег Анатольевич	ПАО «Россети Ленэнерго»
17.	Бондаренко Александр Федорович	АО «СО ЕЭС»
18.	Бондаренко Александр Федорович	АО «СО ЕЭС»
19.	Борисов Руслан Константинович	ООО НПФ «ЭЛНАП»
20.	Буданов Константин Александрович	Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Балаковская атомная станция»
21.	Булгаков Виталий Владимирович	ПАО «Россети Сибири»
22.	Бураков Георгий Евгеньевич	ОАО «МРСК Урала»



	<b>ФИО</b>	<b>Организация</b>
23.	Буров Андрей Викторович	АО «Россети Тюмень»
24.	Бутримов Сергей Григорьевич	Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Смоленская атомная станция»
25.	Быков Александр Львович	Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Кольская атомная станция»
26.	Валерий Александрович Родионов	АО «РАСУ»
27.	Ведерников Григорий Александрович	АО «УЭТМ»
28.	Волошин Александр Александрович	НИУ «МЭИ»
29.	Воронков Максим	АО «Профотек»
30.	Гайдаренко Андрей Александрович	ПАО «Россети Юг»
31.	Гаушкин Денис Викторович	Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Белоярская атомная станция»
32.	Гельфанд Александр Маркович	Заслуженный работник ЕЭС России
33.	Гладких Илья Николаевич	Филиал «Берёзовская ГРЭС» ПАО «Юнипро»
34.	Григорьев Денис Алексеевич	АО «ОЭК»
35.	Гриценко Андрей Дмитриевич	ПАО «Мосэнерго»
36.	Гудков Максим Анатольевич	АО «Концерн Росэнергоатом»
37.	Гусев Владимир Федорович	АО «СО ЕЭС»
38.	Гусев Юрий Павлович	НИУ «МЭИ»
39.	Давид Кишиневский	АО «Профотек»
40.	Деров Владимир Анатольевич	Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Смоленская атомная станция»
41.	Дмитрий Скворцов	PLS Technology
42.	Долгов Алексей Сергеевич	АО «ОЭК»
43.	Дони Николай Анатольевич	ООО НПП «ЭКРА»
44.	Дорофеев Николай	PLS Technology
45.	Дубенко Сергей Александрович	ПАО «Россети Сибири»
46.	Дюндик Константин Валентинович	ПАО «Россети Ленэнерго»

**ПРОФОТЕК**®  
профессиональные  
ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЕ  
ТЕХНОЛОГИИ



**Цифровые трансформаторы тока и  
напряжения АО «Профотек»:  
готовность к серийному применению  
на объектах электроэнергетики**

**Технический директор АО «Профотек»  
М. А. Янин**



# ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ ТОКА - КЛАССИФИКАЦИЯ

## Трансформаторы тока

### Аналоговые

Выходной сигнал – *масштабированная величина* первичного тока

С замкнутым магнитопроводом

С разомкнутым магнитопроводом

Класс точности  $\geq 0.2S, 5P, 10P$

Класс точности **5TRX, 5TRU, 5TRZ**

СЗТТ, УЭТМ, Электрощит...

- ✗ Погрешность зависит от нагрузки своего и соседних кернов, температуры и т.д.
- ✗ Насыщение сердечника, гистерезис (величина зависит от класса точности)
- ✗ Влияние соседних предметов и шины
- ✗ Возможность возникновения опасного напряжения на вторичных цепях

- ✓ Опыт изготовления и эксплуатации – более 100 лет
- ✓ Высокая конструктивная надежность

### Электронные

Выходной сигнал – *результат преобразований* с компенсированной погрешностью

С аналоговым выходом

С цифровым выходом

Выход 1А

Маломощный выход

Электронные

**Цифровые (оптические)**

iTOR  
Профотек до 2016

Alstom, Trench...

ЦИТ, Оптиметрик

**Профотек, GE, ABB, Artech, NR, Trench**

- ✗ Только КУЭ
- ✗ Специальные терминалы РЗА
- ✗ В РФ не применяется
- ✗ Аналоговые вторичные цепи
- ✗ Все недостатки первичного датчика

- ✓ Компенсированная погрешность
- ✓ Безопасный потенциал на вторичных цепях

- ✗ Все недостатки первичных датчиков, возможно, компенсированные
- ✗ Незначительный опыт эксплуатации
- ✗ Повышенные требования к МНР/ПНР
- ✗ Экономический эффект достигается решением в целом
- ✗ Цифровые терминалы РЗА, невозможна простая замена старого ТТ на электронный

- ✓ Цена
- ✓ Идеальные переходные процессы и фазовые характеристики
- ✓ Большой опыт применения
- ✓ Широкий динамический диапазон

- ✓ Компенсированная погрешность
- ✓ Все преимущества МЭК 61850





# ПРЕИМУЩЕСТВА ОПТИЧЕСКИХ ТТ



## ТЕХНИЧЕСКИЕ

Цифровая обработка сигналов и современные интерфейсы, поддержка Российского профиля МЭК 61850

Стандартизация интерфейса, возможность подключения устройств разных производителей (стандарт МЭК 61850)

**Высокая точность измерения и широкий динамический диапазон**

Широкий температурный диапазон, позволяющий работать на территориях с суровым климатом (-60/+60)

Полная гальваническая развязка, соответствие требованиям ЭМС

Высокая сейсмическая безопасность

**Точность измерений в переходных процессах**

**Отсутствие насыщения в аварийных режимах (при КЗ)**

Отсутствие влияния нагрузки вторичных цепей

Малая собственная емкость и индуктивность, отсутствие влияния на сеть



## ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ

**Повышение эксплуатационной безопасности для обслуживающего персонала**

Повышение эксплуатационной безопасности вторичного оборудования

**Меньший вес и габариты, удобство монтажа и эксплуатации**

**Возможность установки под любым углом, в том числе – шиной вниз**

Возможность подключения устройств разных производителей

Высокая пожаробезопасность



## ЭКОНОМИЧЕСКИЕ

**Отсутствие медных вторичных цепей, что снижает затраты на материалы и монтаж**

**Полная автоматическая самодиагностика трансформатора**

**Ценовое преимущество по сравнению с мировыми производителями**

Нет риска перебоев в электроснабжении потребителей за счет повышения наблюдаемости

Снижение затрат на текущую эксплуатацию

Высокая унификация с сокращением запасных частей

Проведение диагностики обслуживания по запросу



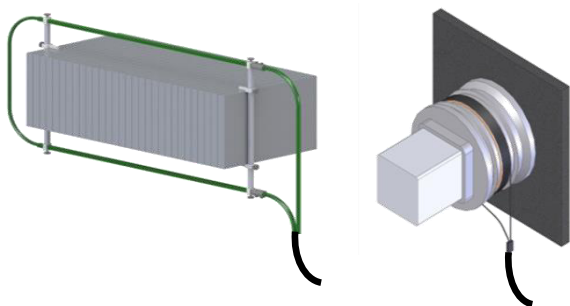
# ОПТИЧЕСКИЙ ТРАНСФОРМАТОР ТОКА – ВАРИАНТЫ ИСПОЛНЕНИЯ

Высоковольтная часть полностью пассивная.

Чувствительный элемент может быть выполнен в 3-х вариантах в соответствии с требованиями заказчика.

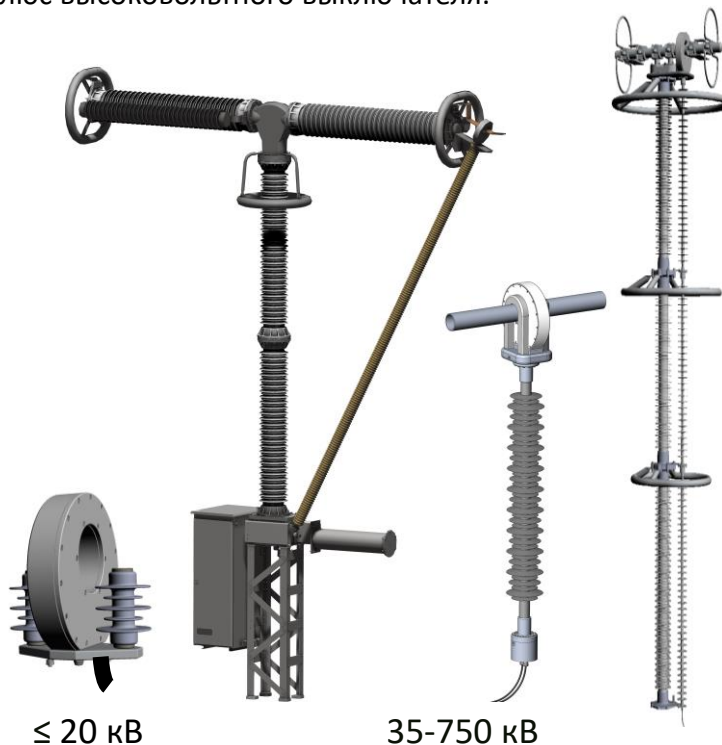
## ГИБКОГО ИСПОЛНЕНИЯ для применения на DC и AC

Гибкий чувствительный элемент размещается вокруг токоведущей шины переменного или постоянного тока, кабеля высокого напряжения, высоковольтного ввода трансформатора и т. д.



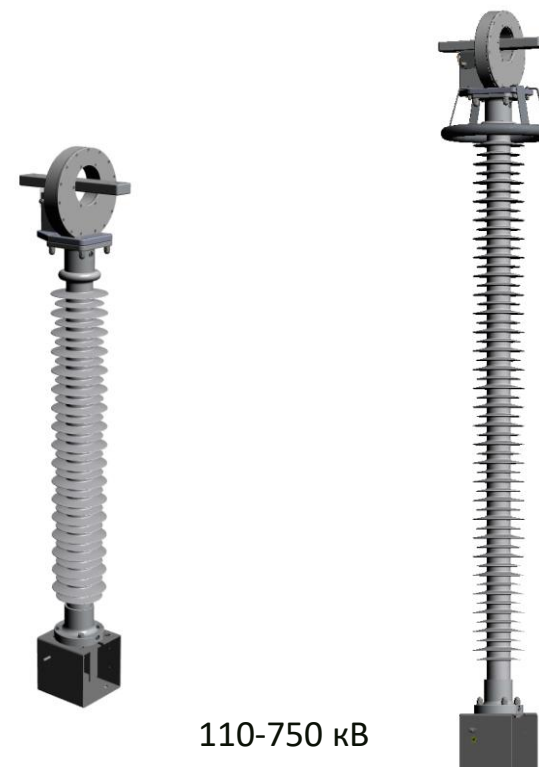
## ШИННОГО ИСПОЛНЕНИЯ

Чувствительный элемент закрепляется на шине. Для напряжений выше 20кВ оптоволоконные кабели спускают внутри изолятора. Конструкция может содержать дополнительный удерживающий изолятор или может быть установлена непосредственно на полюс высоковольтного выключателя.



## ОПОРНОГО ИСПОЛНЕНИЯ

Чувствительный элемент установлен на опорном изоляторе, заполненном изоляционным гелем. Изолятор установлен на постаменте для защиты кабеля, выходящего из нижнего фланца, и надежного монтажа высоковольтной колонны.

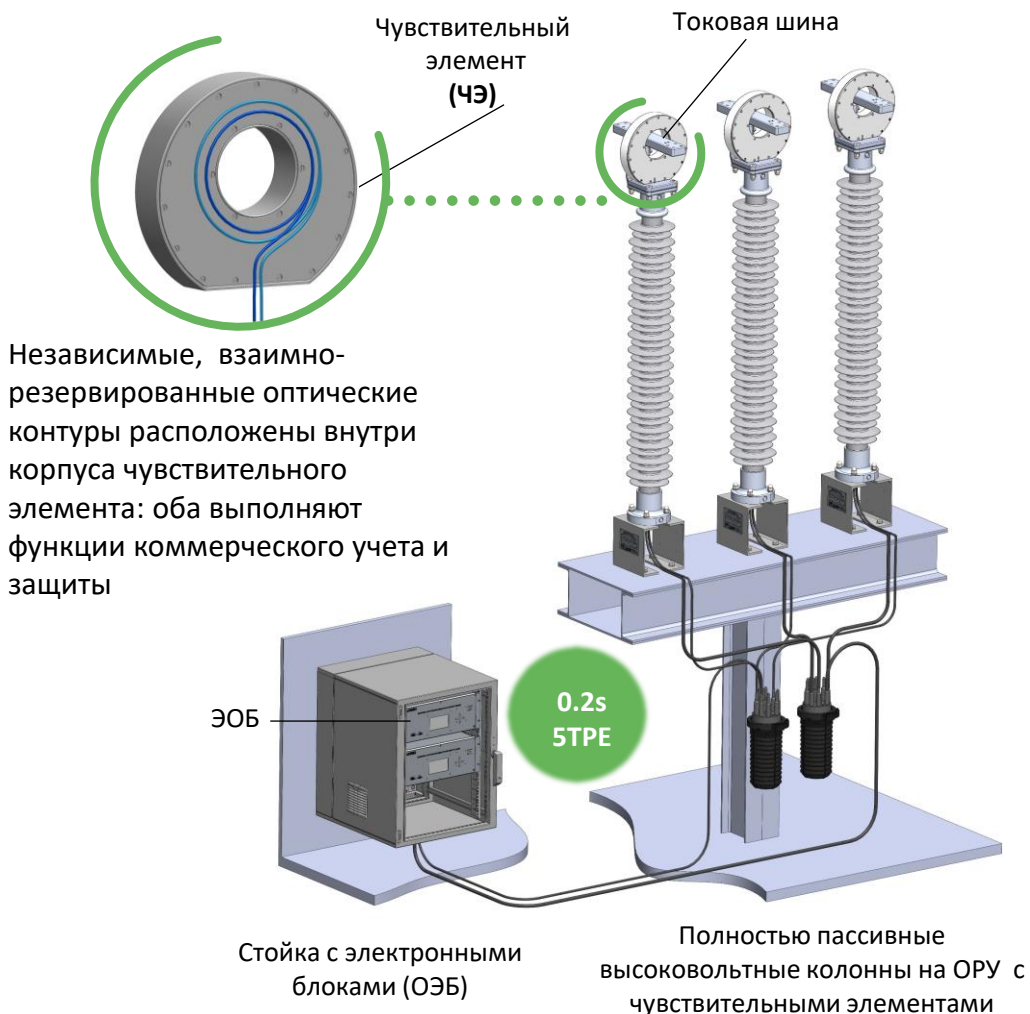






# ТРАНСФОРМАТОР ТОКА ЭЛЕКТРОННЫЙ ОПТИЧЕСКИЙ (ТТЭО)

**ТТЭО** предназначен для измерения AC / DC / AC+DC с высокой точностью при переходных процессах



**ТТЭО** состоит из чувствительных элементов, установленных на опорном высоковольтном изоляторе и электронных блоков обработки (ЭОБ), соединенных оптическим кабелем.

Каждая фаза измеряет ток самостоятельно, без влияния соседних фаз.

ТТЭО выдает измеренные значения тока в стандарте IEC 61850-9-2 и/или IEC 61850-9-2LE с поддержкой PRP и PTR. В том числе – Российский профиль МЭК 61850-9-2

Синхронизация:  
1PPS оптический / TTL, PTR

Параметр	Значение
Номинальное напряжение	0 – 750 кВ
Номинальный первичный ток	50 – 190 000 AAC 100 – 460 000 ADC
Класс точности	0.2S (для измерений) 5TPE (для защиты) 0.1, 0.05 (для высокоточных измерений)
Температурный диапазон	+5..+40 ЭОБ -60 .. + 60 чувствительный элемент
Диапазон частот (ОдБ)	DC – 5000Hz, Переключаемый ОдБ фильтр на 70, 150, 500, 2500, 3000Hz
Динамический ток КЗ (измеримый)	200 кА
Синхронизация времени	1PPS оптический / TTL, PTR
Цифровые интерфейсы	2 пары IEC 61850-9-2 1 пара диагностика (MMS)
Резервирование	PRP на всех портах



Передача и распределение электроэнергии



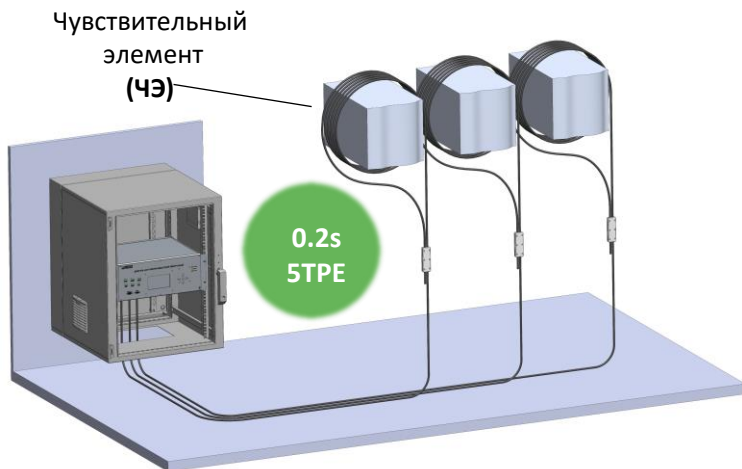
Генерация



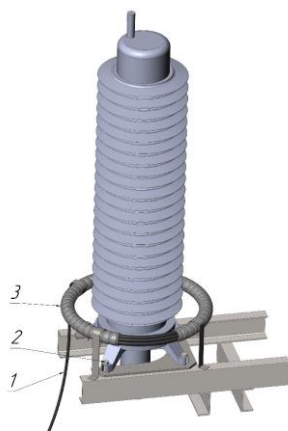
# ТРАНСФОРМАТОР ТОКА ОПТИЧЕСКИЙ С ГИБКИМ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫМ ЭЛЕМЕНТОМ

**Гибкий чувствительный элемент** (петля) представляет собой компактный оптический датчик (ЧЭ), который может быть смонтирован вокруг токоведущей шины любой формы, без ее разрыва (демонтажа) во время проведения работ.

Гибкий ЧЭ выполнен в виде кабельного элемента с ПВХ изоляцией и размещенным внутри специальным оптическим волокном.



Пример установки ТТЭО-Г на кабельном высоковольтном вводе (муфте).



- 1 – Оптический кабель
- 2 – Сборка кабельного крепежа на подставке
- 3 – Диэлектрическая защитная оболочка, для защиты оптического сенсорного кабеля от атмосферных и механических воздействий.

- Универсальность в установке позволяет реализовать целый ряд современных решений.
- Отсутствие эффекта насыщения позволяет повысить эффективность алгоритмов защиты
- Отсутствие масла в конструкции и не требующего обслуживания чувствительного элемента приводит к повышению безопасности персонала и инфраструктуры
- Постоянно высокая точность оптических ТТ позволяет обнаружить ряд явлений, недоступных для электромагнитных ТТ
- Возможность высокой частоты дискретизации для записи переходных процессов

ПАРАМЕТР	ЗНАЧЕНИЕ
Принцип работы	Эффект Фарадея в специальном волокне, гибкий сенсорный элемент в специальном кабеле
Номинальный первичный ток (АС или DC)	1 000 – 400 000 А
Интерфейс	МЭК 61850-9-2LE (с поддержкой PRP), Для DC: Modbus, 0-5mA, 0-20mA, и т.д.
Класс точности	0.05, 0.1 (эталон) 0.2s (измерения) 5TPE (защита)



Передача и распределение электроэнергии



Энергоёмкие производства



Генерация



HVDC линии

**Эталонный ТТЭО-Г-Э** - мобильная экспертная система высокого класса точности для поверки и калибровки трансформаторов тока, без их демонтажа в местах установки.



- Уникально высокая точность измерения, возможность измерения гармонических составляющих до 50-го порядка
- Простое и гибкое масштабирование системы
- Имеет в составе автоматизированное рабочее место, которое позволяет сразу отслеживать результаты в процессе тестирования
- Существенно меньшие весовые и габаритные параметры, простота монтажа и эксплуатации
- Не зависит от внешних взаимодействий (сильные магнитные поля, запыленность, загрязнение газа)
- Любая геометрия волоконно-оптической петли (чувствительного элемента) не требует точного позиционирования относительно проводника
- Простота монтажа, не требует разрыва шинпровода
- Удобно и легко транспортировать
- Может содержать от 1 до 3 фаз

ПАРАМЕТР	ЗНАЧЕНИЕ
Номинальное напряжение	Любые существующие модели от 0 до 500 кВ
Номинальный первичный ток	1000 – 190000А Гибкий ЧЭ 250 – 4000А Жесткий ЧЭ
Класс точности	0.1; 0.05
Температурный диапазон	-40 .. +60 (0.1%) 0 .. +60 (0.05%)
Интерфейс	МЭК 61850-9-2
Опции	Программное обеспечение для временной регистрации Сравнение с цифровыми или аналоговыми сигналами



*Передача и распределение электроэнергии*



*Контрольные измерения, калибровка*



*Энергоёмкие произв-ва*



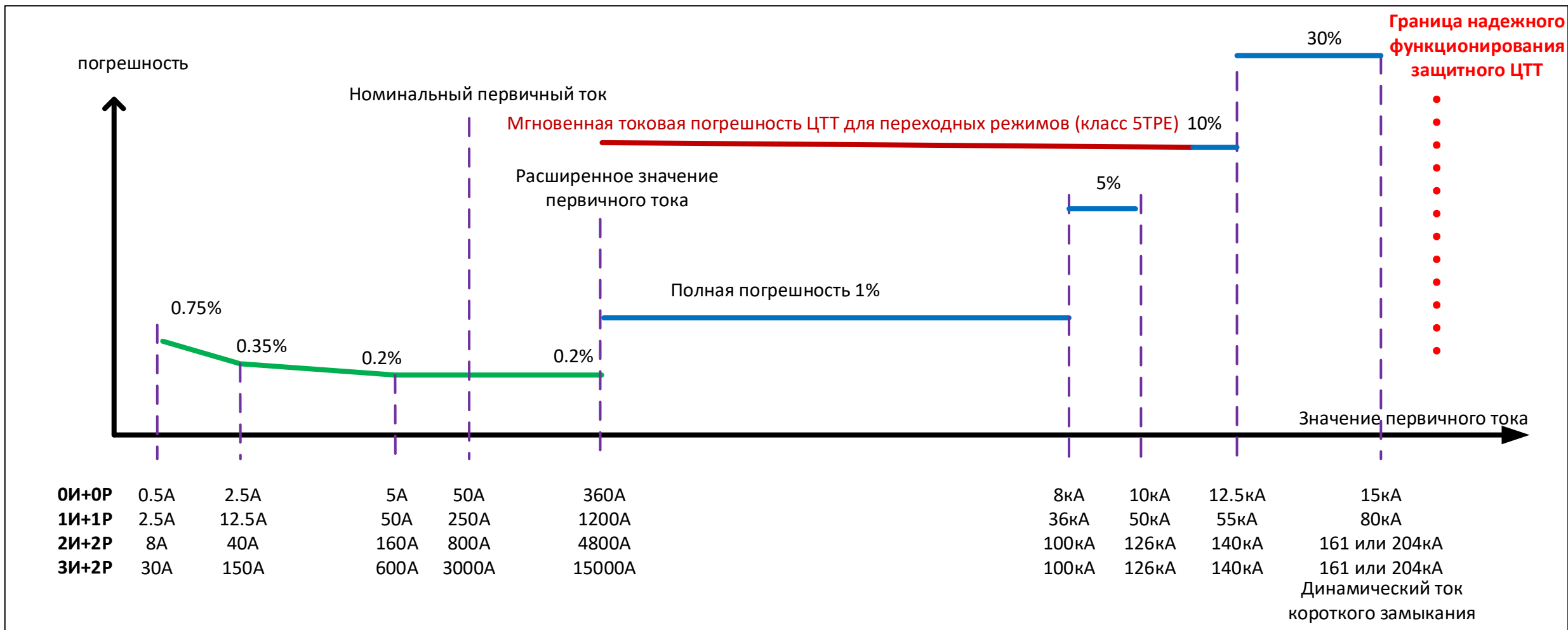
*HVDC линии*



*Генерация*



# ДИНАМИЧЕСКИЙ ДИАПАЗОН ОПТИЧЕСКИХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА

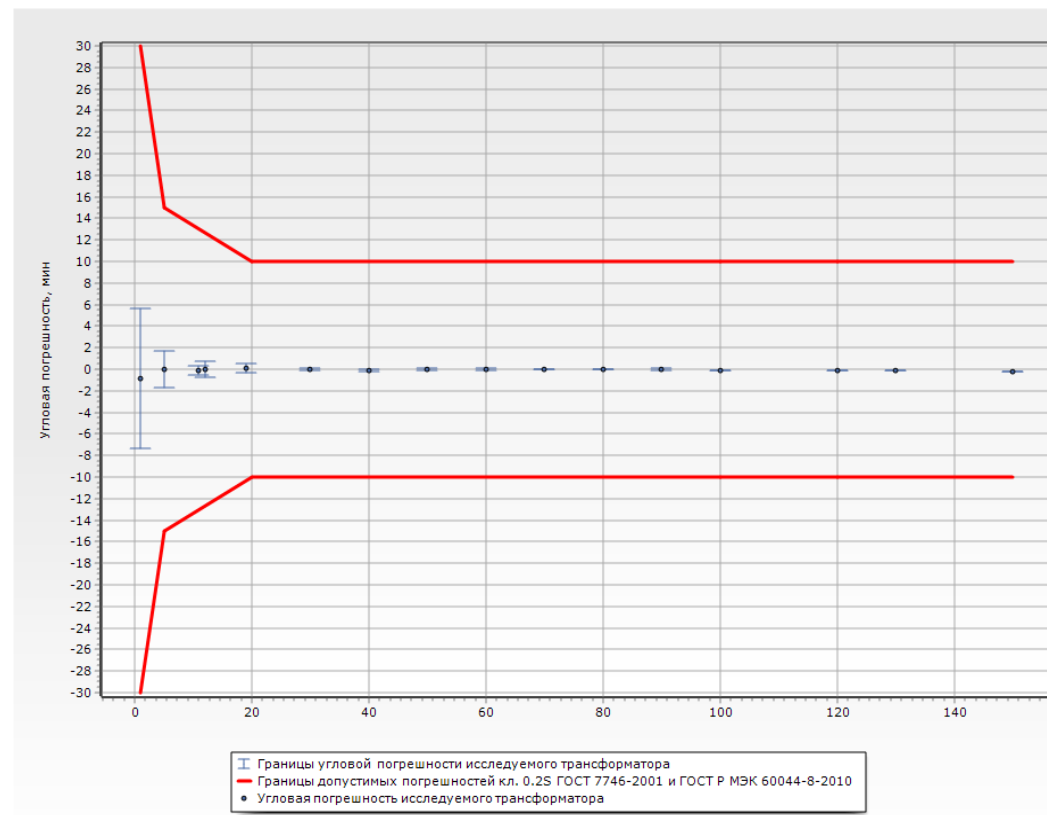
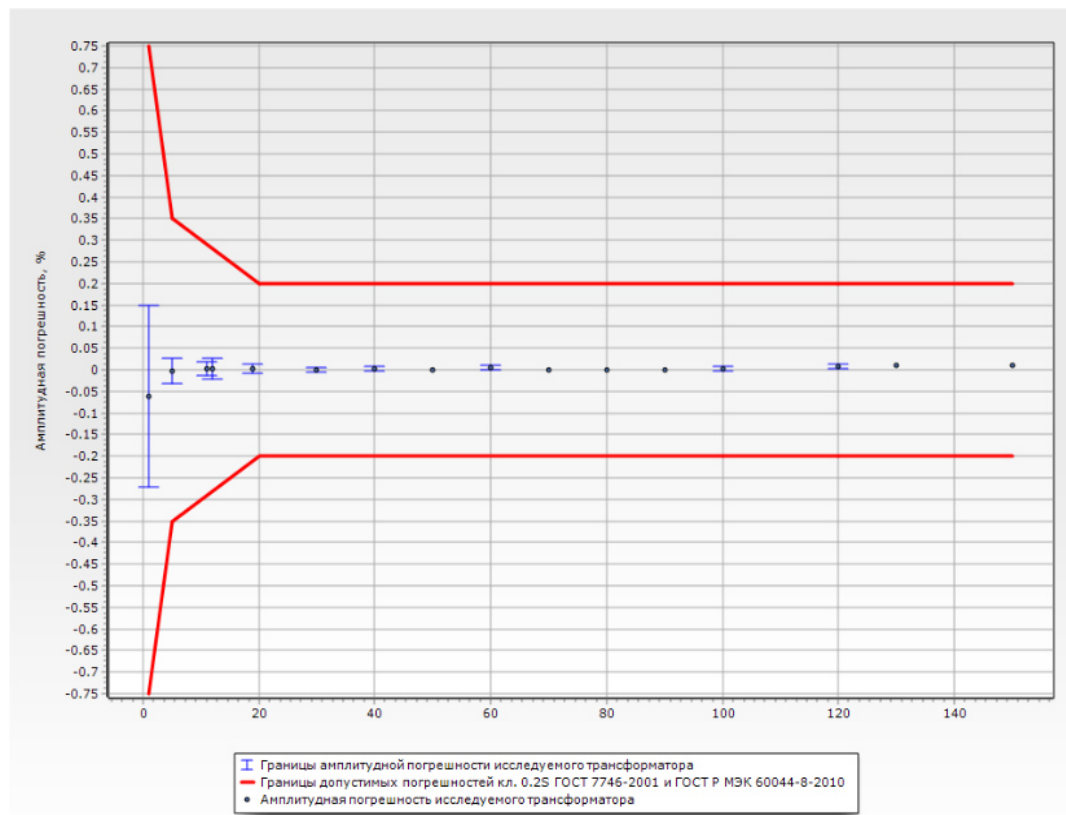


Расширенный динамический диапазон – границы рабочих диапазонов расширены по классу 0.2S в 5 раз и по классу 5TPE в 2 раза по отношению к классическим ТТ

Динамический диапазон позволяет использовать один единый измерительный контур для точных измерений (0,2S) и защит (5TPE)



# ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ ОПТИЧЕСКИХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА - КУЭ



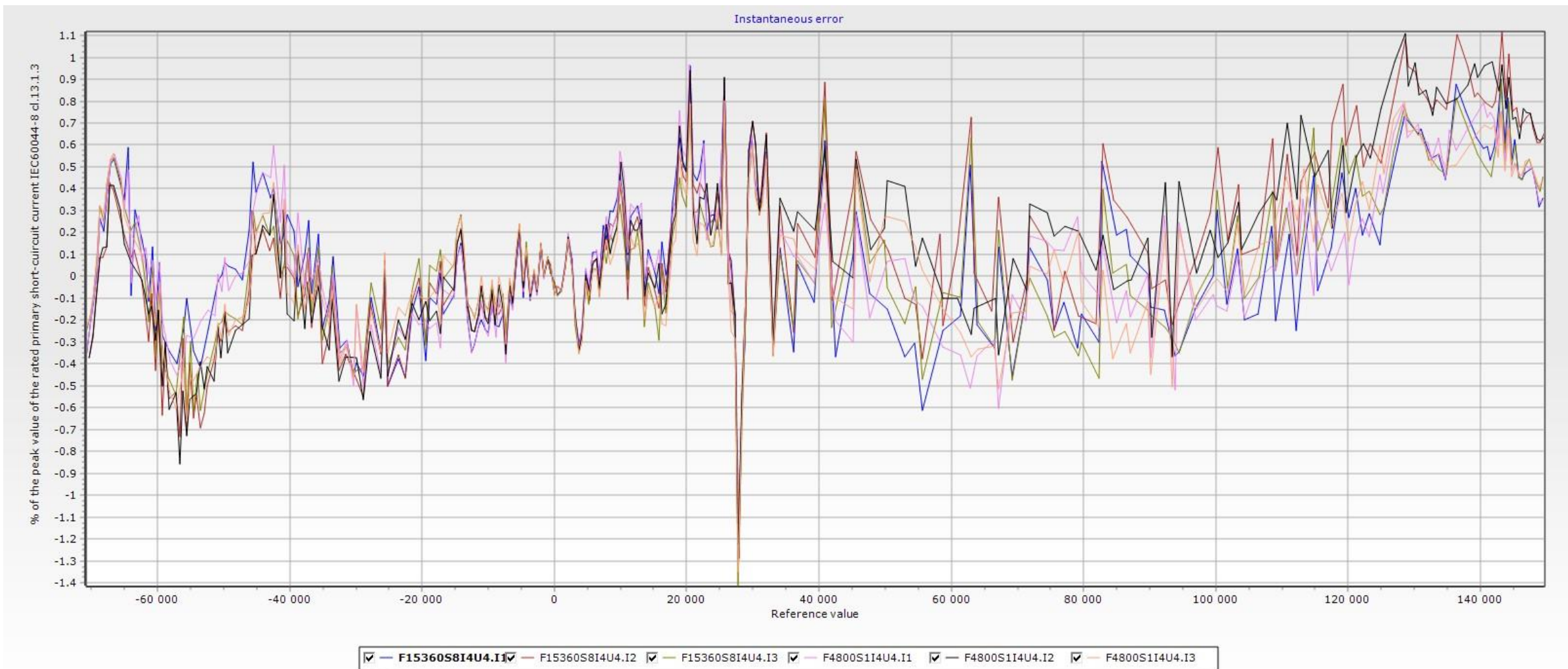
Высокие линейные характеристики амплитудной погрешности

Фазовая погрешность постоянная и не зависит от величины тока и иных факторов



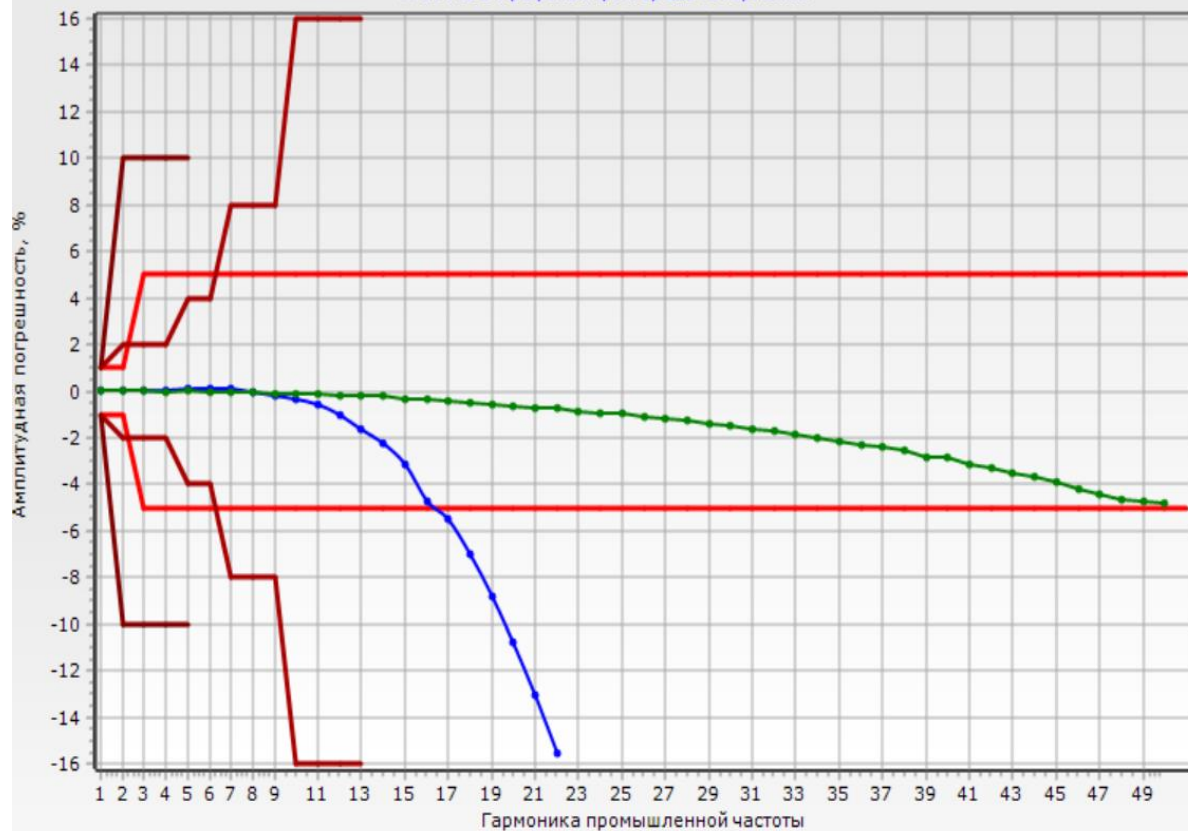


# ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ ОПТИЧЕСКИХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА - РЗА



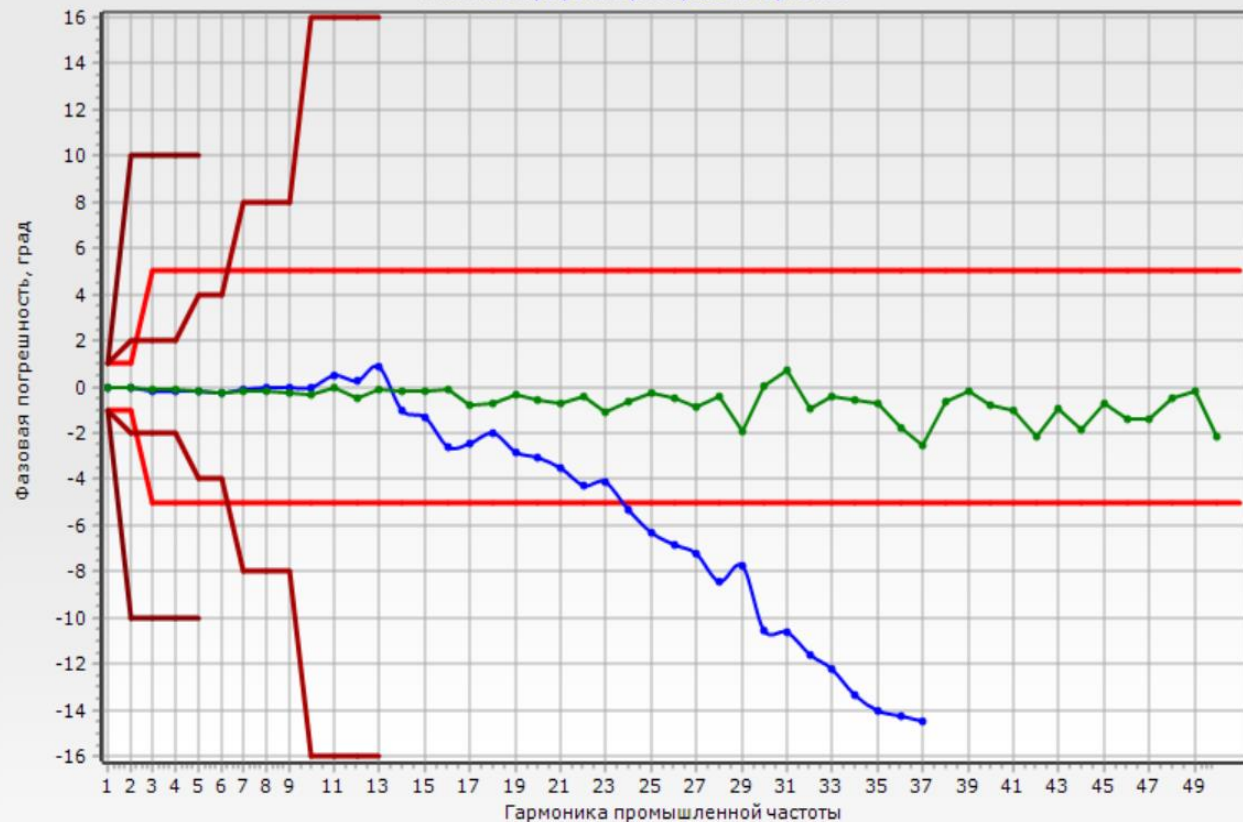
В виду идеальной передачи фазы измеряемого сигнала мгновенная погрешность, измеренная по МЭК 60044-8 13.1.3 не превышает 1.5% (что в 5 раз лучше требований класса 5TPE)

АЧХ ТТЭО Профотек при передаче гармоник



- Границы погрешности по ГОСТ Р МЭК 60044-8-2010 для измерения качества э/э
- Границы погрешности по ГОСТ Р МЭК 60044-8-2010 для КУЭ
- Границы погрешности по ГОСТ Р МЭК 60044-8-2010 для защиты
- Амплитудная погрешность ТТЭО при передаче гармоники поток РЗ (ФНЧ 500Гц)
- Амплитудная погрешность ТТЭО при передаче гармоники поток комучета (ФНЧ 3000Гц)

ФЧХ ТТЭО Профотек при передаче гармоник

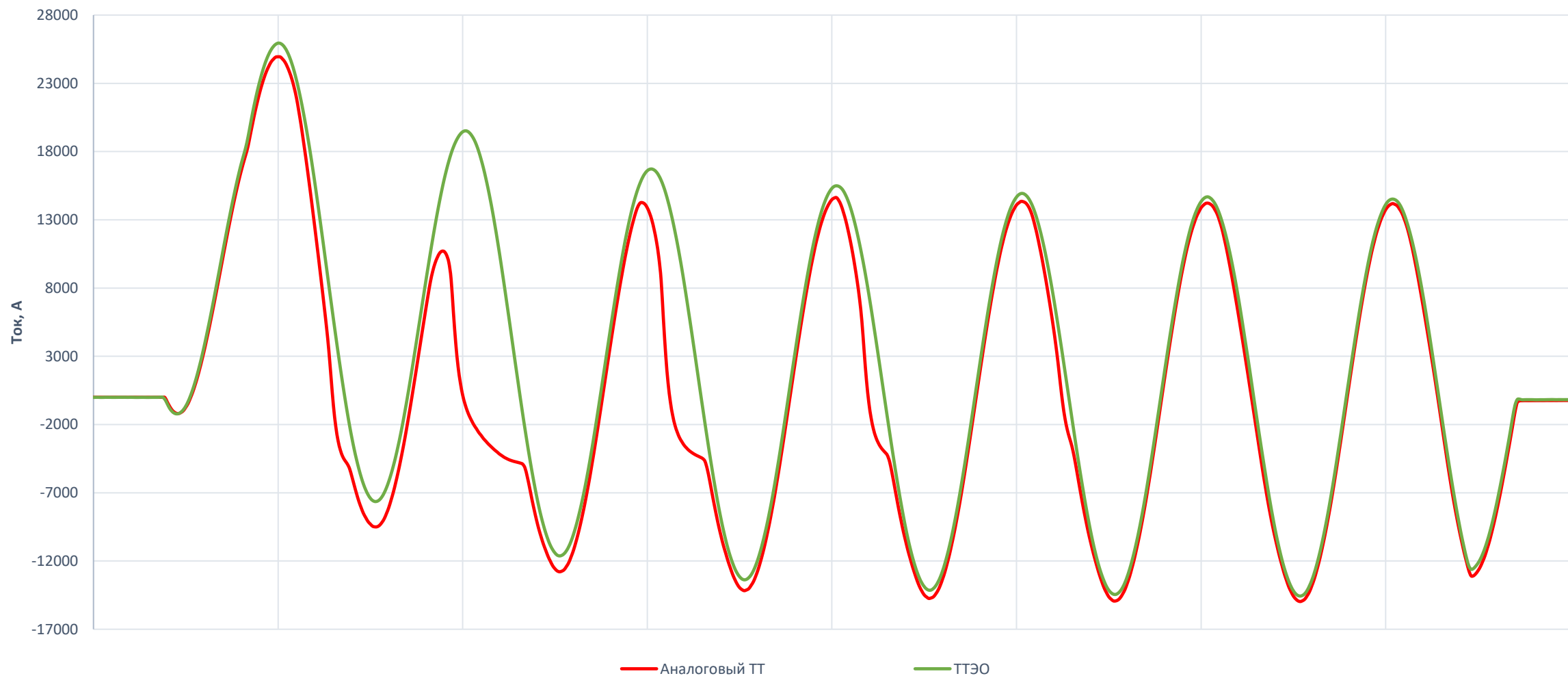


- Границы погрешности по ГОСТ Р МЭК 60044-8-2010 для измерения качества э/э
- Границы погрешности по ГОСТ Р МЭК 60044-8-2010 для КУЭ
- Границы погрешности по ГОСТ Р МЭК 60044-8-2010 для защиты
- Фазовая погрешность ТТЭО при передаче гармоники поток РЗ (ФНЧ 500Гц)
- Фазовая погрешность ТТЭО при передаче гармоники поток комучета (ФНЧ 3000Гц)

ТТЭО полностью соответствует требованиям стандартов по точности передачи гармоник с 1 по 50 для целей контроля качества электроэнергии, коммерческого учета и РЗА



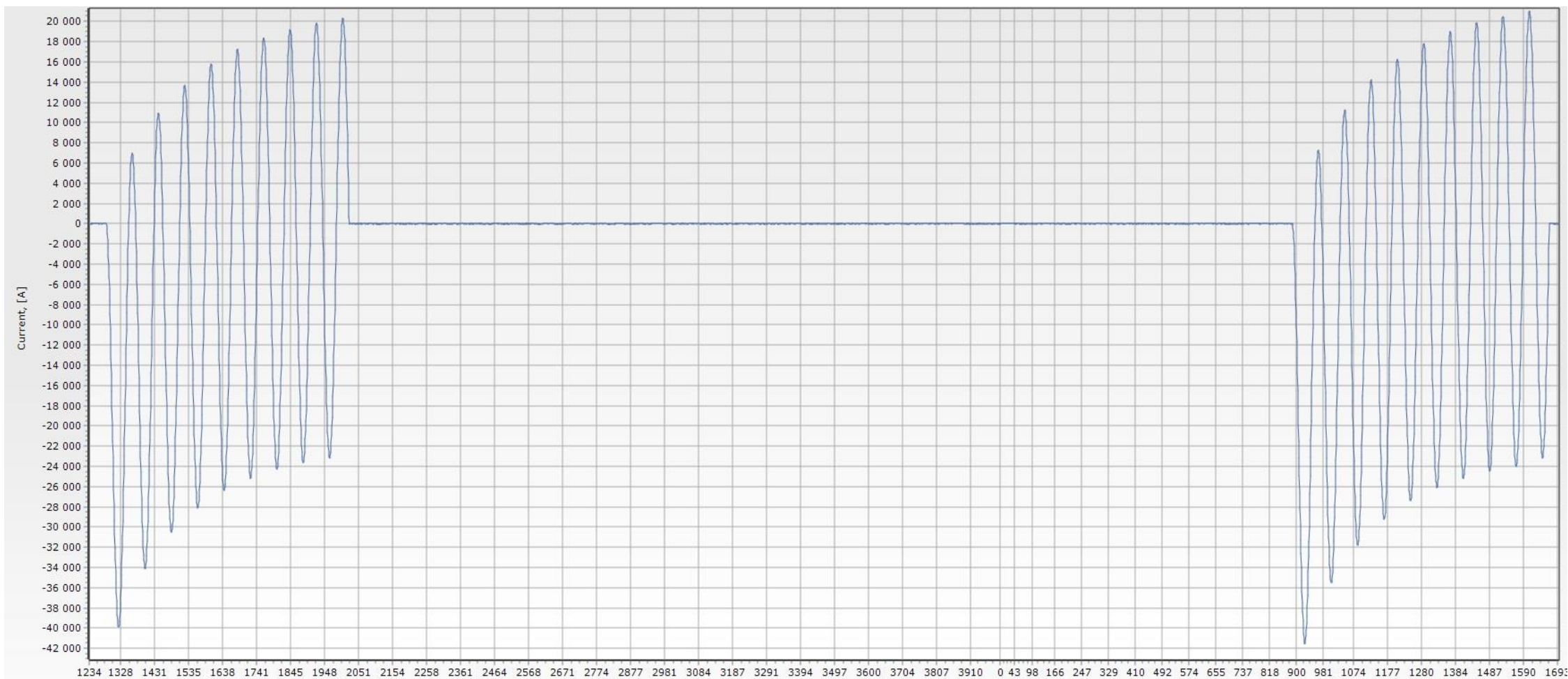
# ПЕРЕХОДНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОПТИЧЕСКИХ ТРАНСФОРМТОРОВ ТОКА



**Высокая точность в переходных режимах – натурное испытание в лаборатории ФГУП ВЭИ.  
Полное соответствие классу точность трансформаторов тока для переходных процессов 5TRЕ**



# ХАРАКТЕРИСТИКИ ТТЭО В РЕЖИМЕ ЦИКЛА В-О-В-О



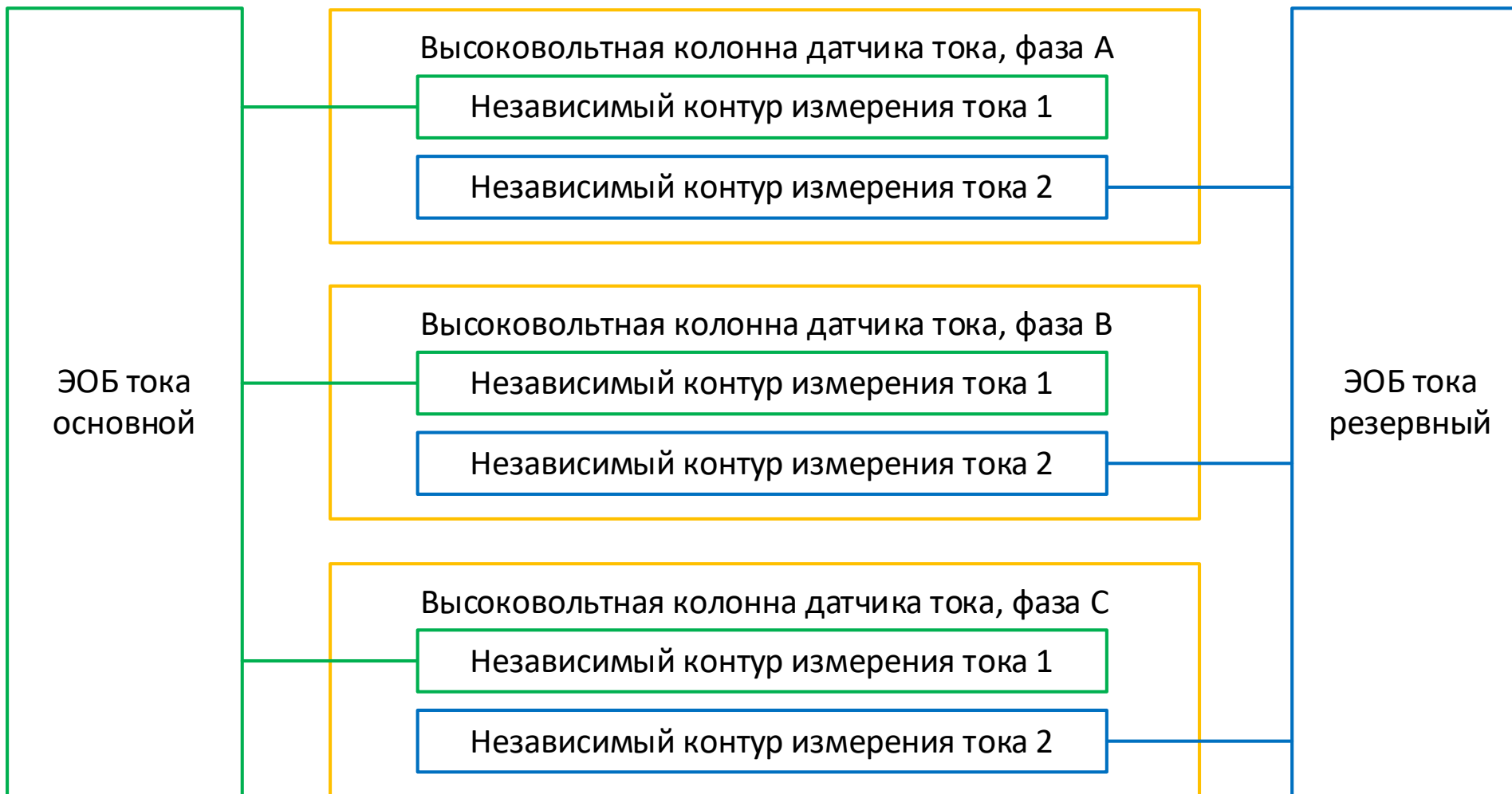
Отсутствие насыщения при КЗ

Корректная работа в цепях В-О-В-О, длительность циклов не влияет на точность измерений





# РЕЗЕРВИРОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА



Полноценное резервирование измерений, нет взаимного влияния кернов





# ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ - КЛАССИФИКАЦИЯ

## Трансформаторы напряжения

### Аналоговые

Выходной сигнал – масштабированная величина  
первичного напряжения

Индуктивные

Емкостные

Резистивно-Емкостные

Раменский завод, УЭТМ, Электрощит...

Trench, Schniewindt

× Технологические сложности при изготовлении на высокие классы напряжений

× Ускоренное старение  
× Сильная зависимость ФЧХ от температуры  
× Искаженные переходные процессы

× Цена

× Плохая передача гармоник напряжения

× Возможность возникновения резонансов

× Большой объем масла / элегаза

× Аналоговые вторичные цепи

× Погрешность зависит от нагрузки своего и соседних кернов, температуры и т.д.

✓ Опыт изготовления и эксплуатации – более 100 лет

### Электронные

Выходной сигнал – результат преобразований с компенсированной погрешностью

С аналоговым выходом

С цифровым выходом

Выход 100В

Маломощный  
выход

Электронные

Цифровые  
(оптические)

iTOR  
Профотек до 2016

Alstom, Trench...

Профотек, ЦИТ,  
Оптиметрик

IQsystems

× Только КУЭ  
× Сильная зависимость от характера нагрузки

× Специальные терминалы РЗА  
× В РФ не применяется

× Аналоговые вторичные цепи

× Все недостатки первичного датчика

✓ Компенсированная погрешность  
✓ Исключены погрешности от нагрузки вторичных цепей

× Переходные процессы отличаются от классических аналоговых ТН, требуется верификация алгоритмов РЗА

× Повышенные требования к МНР/ПНР  
× Экономический эффект достигается решением в целом  
× Опытное производство  
× Цена

× Цифровые терминалы РЗА, невозможна простая замена старого ТТ на электронный  
× К исследованию каждого типа изделий разных производителей необходимо подходить индивидуально

✓ Компенсированная погрешность  
✓ Все преимущества МЭК 61850  
✓ Широкий динамический диапазон



# ПРЕИМУЩЕСТВА ЭЛЕКТРОННЫХ ДНЕЭ

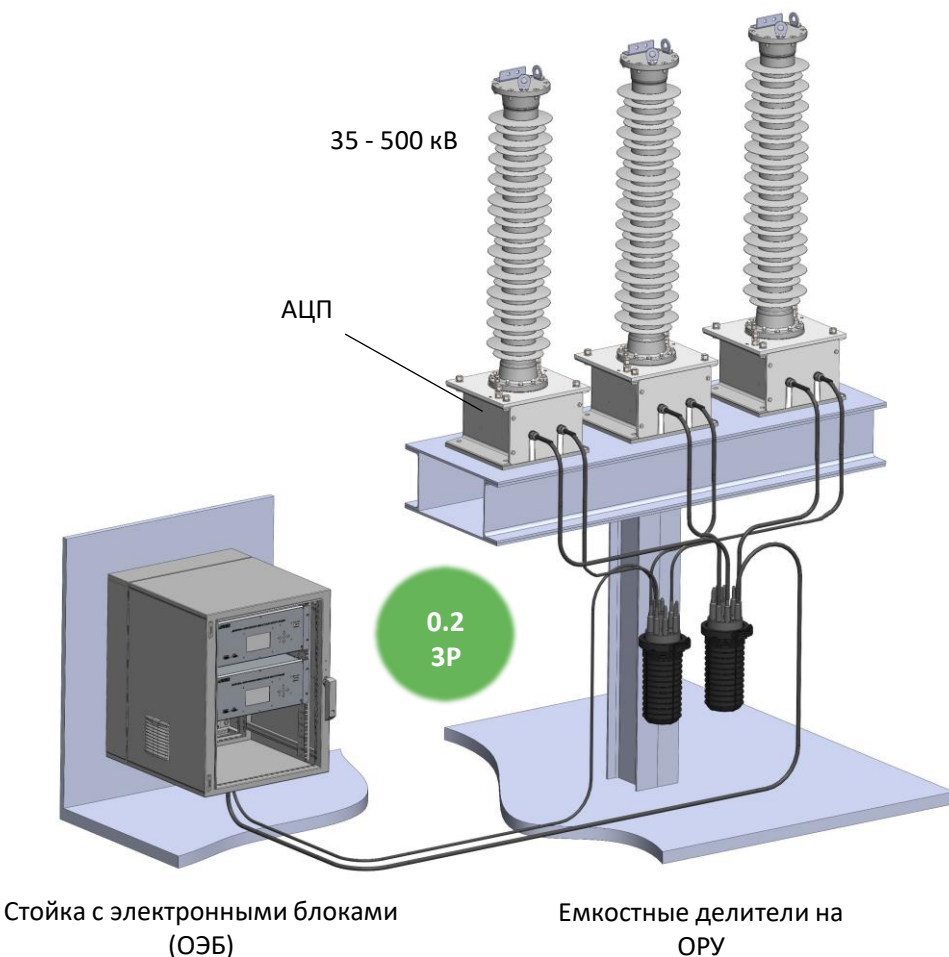


ТЕХНИЧЕСКИЕ	ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ	ЭКОНОМИЧЕСКИЕ
<p>Цифровая обработка сигналов и современные интерфейсы, поддержка Российского профиля МЭК 61850</p> <p>Стандартизация интерфейса, возможность подключения устройств разных производителей (стандарт МЭК 61850)</p> <p><b>Высокая точность измерения и широкий частотный диапазон</b></p> <p>Широкий температурный диапазон, позволяющий работать на территориях с суровым климатом (-60/+60)</p> <p>Соответствие требованиям ЭМС</p> <p>Высокая сейсмическая безопасность</p> <p><b>Точность измерений в переходных процессах</b></p> <p>Отсутствие влияния нагрузки вторичных цепей</p> <p>Малая собственная емкость, отсутствие влияния на сеть</p>	<p><b>Повышение эксплуатационной безопасности для обслуживающего персонала</b></p> <p>Повышение эксплуатационной безопасности вторичного оборудования</p> <p><b>Меньший вес и габариты, удобство монтажа и эксплуатации</b></p> <p><b>Возможность установки под любым углом, в том числе – вверх ногами</b></p> <p>Возможность подключения устройств разных производителей</p> <p>Высокая пожаробезопасность</p> <p><b>Необслуживаемые делители</b></p>	<p><b>Отсутствие медных вторичных цепей, что снижает затраты на материалы и монтаж</b></p> <p><b>Полная автоматическая самодиагностика трансформатора</b></p> <p><b>Ценовое преимущество по сравнению с мировыми производителями</b></p> <p>Нет риска перебоев в электроснабжении потребителей за счет повышения наблюдаемости</p> <p>Снижение затрат на текущую эксплуатацию</p> <p>Высокая унификация с сокращением запасных частей</p> <p>Проведение диагностики обслуживания по запросу</p>



# ПРОДУКЦИЯ: ДЕЛИТЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЯ ЕМКОСТНОЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ (ДНЕЭ)

**ДНЕЭ** Предназначен для масштабного преобразования высокого напряжения переменного тока в цепях с заземленной нейтралью.



**ДНЕЭ** состоит из емкостных делителей без индуктивных элементов, установленных на подставке со встроенным блоком АЦП, соединенным оптическим кабелем с электронным блоком обработки (ЭОБ).

Для резервирования устанавливают дополнительный блок АЦП внутри поста и подключают еще один ЭОБ, соединенный собственным оптоволоконным кабелем. Каждая фаза измеряет напряжение самостоятельно, без влияния соседних фаз.

**ДНЕЭ** выдает измерения в стандарте IEC 61850-9-2 и/или IEC 61850-9-2LE с поддержкой PRP и PTP. Поддержка Российского профиля МЭК 61850. Синхронизация: 1PPS оптический / TTL, PTP

Параметр	Значение
Номинальное напряжение	35 - 500 кВ
Диапазон измеряемого напряжения	1 .. 190% Ur
Класс точности	0.2 (для измерений) 3Р (для защиты)
Диапазон температуры	+5..+40 (ЭОБ) -60 .. + 60 (сенсорный элемент)
Диапазон частот с ёмкостным делителем	20 – 3000Hz, переключаемые фильтры 70, 150, 500, 2500, 3000Hz
Синхронизация времени	1PPS оптический / TTL PTP
Цифровой интерфейс	2 выходные пары IEC 61850-9-2 1 выходная пара для MMS диагностика
Резервирование цифрового интерфейса	PRP для всех портов



Передача и распределение электроэнергии



Генерация

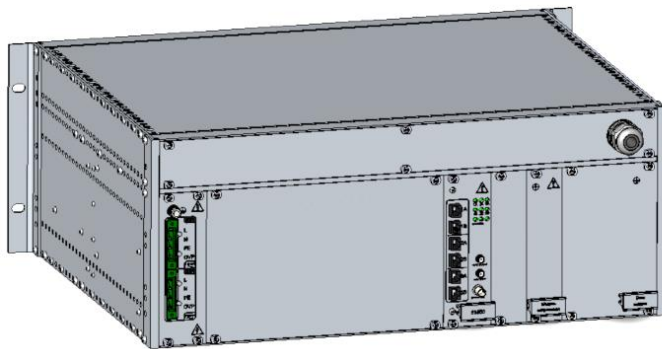
# ДНЕЭ: ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКИЙ БЛОК (ЭОБ) ДНЕЭ

ДНЕЭ ЭОБ обрабатывает сигналы полученные от блоков АЦП, установленных в емкостных делителях и формирует данные измерений в цифровом формате.

Делители напряжения предназначены для понижения напряжения до безопасного измерительного уровня (57.7В).



ЭОБ имеет модульную конструкцию и включает в себя трехфазный оптический модуль, модуль напряжения и модуль формирования 61850.



Через выходные порты модуля 61850-9-2 цифровой пакет данных о мгновенных значениях напряжения и с флагами качества отправляется на вторичные устройства измерений и защит.

РЕЗИСТИВНЫЙ



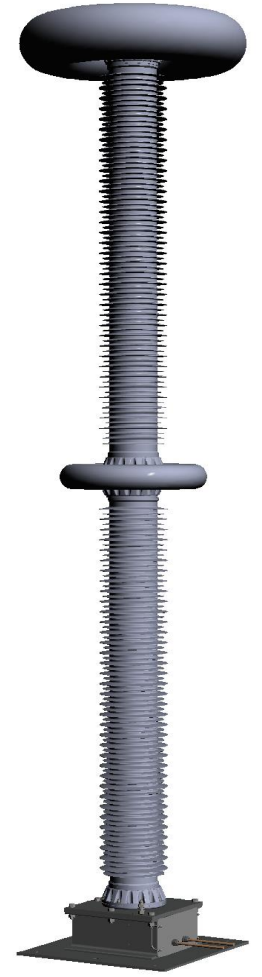
6-13 кВ



110 кВ



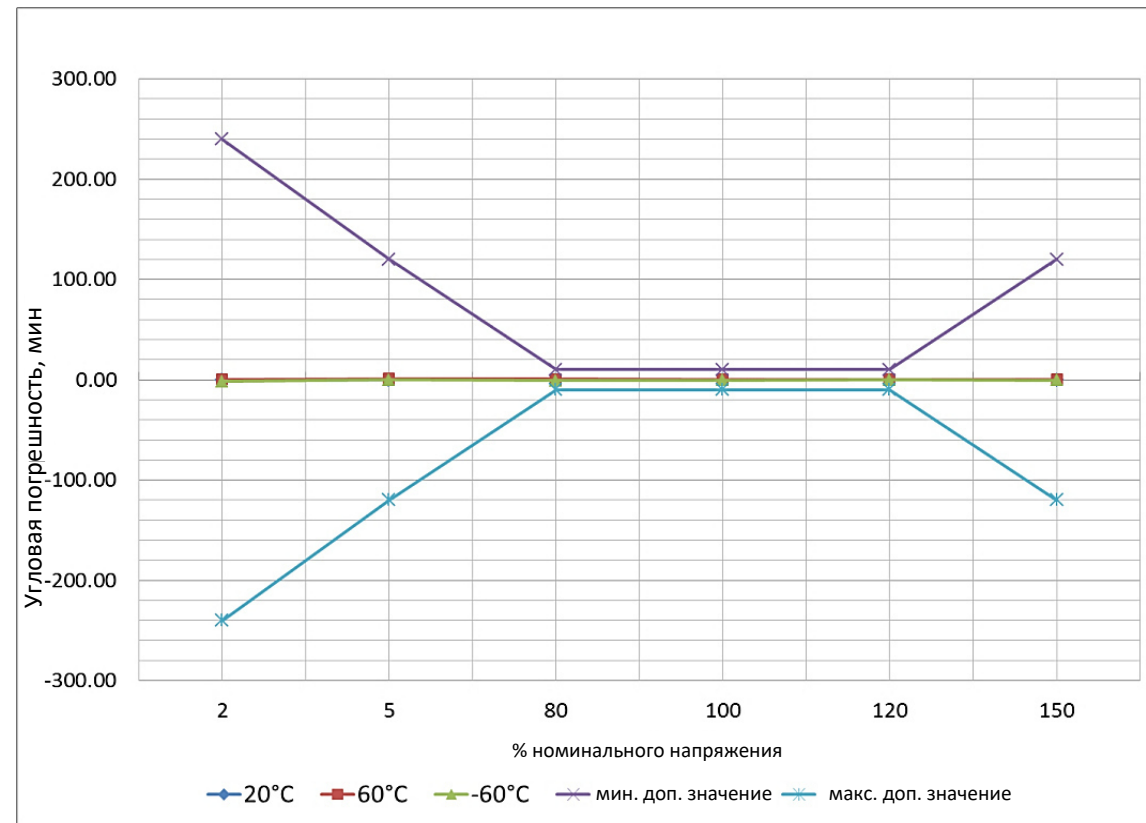
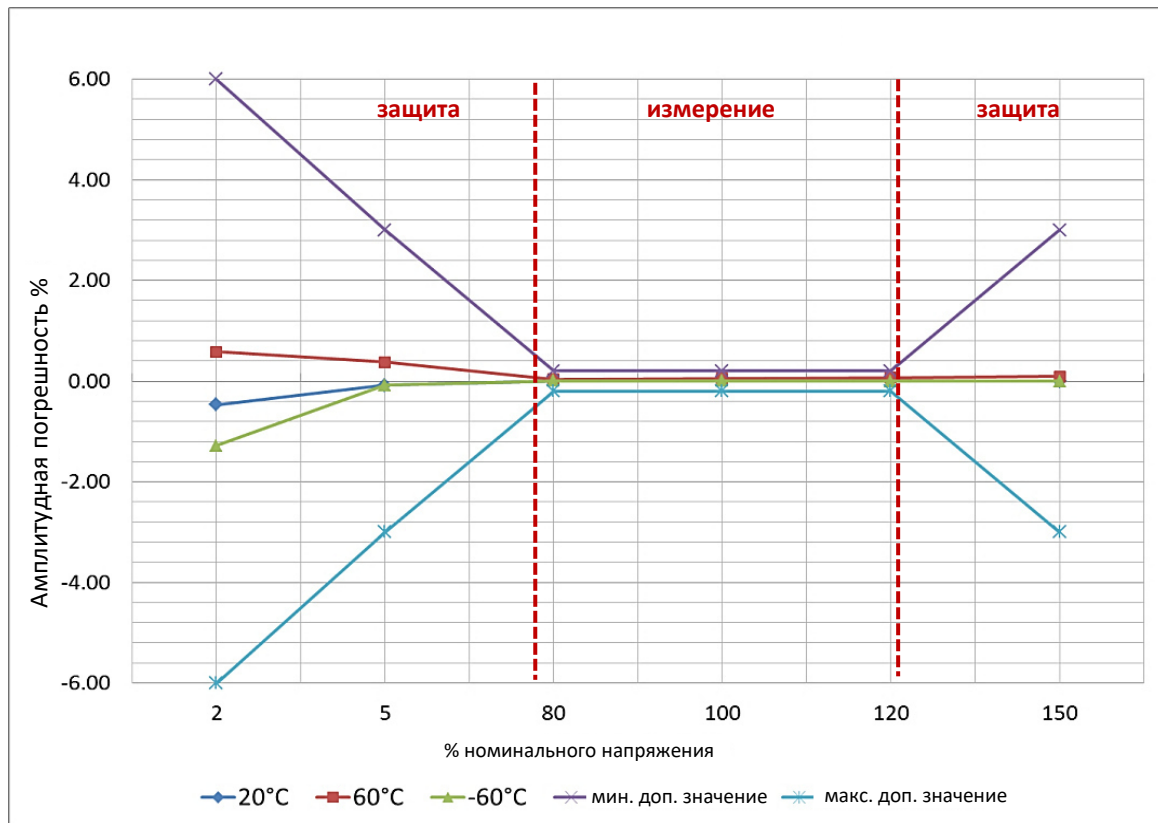
220 кВ



500 кВ



# ПРЕИМУЩЕСТВА ЭЛЕКТРОННЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ (ДНЕЭ)



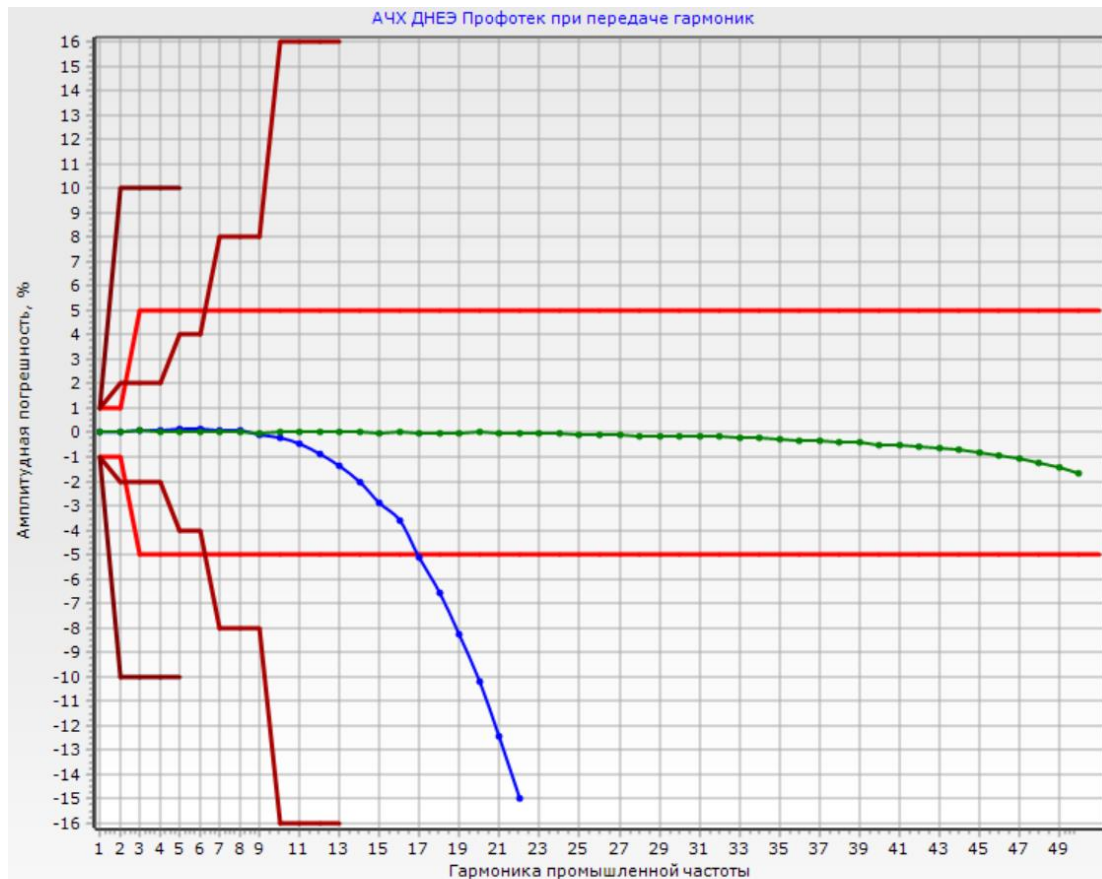
Низкая амплитудная и фазовая погрешность

Остается в одном классе точности в широком диапазоне температур

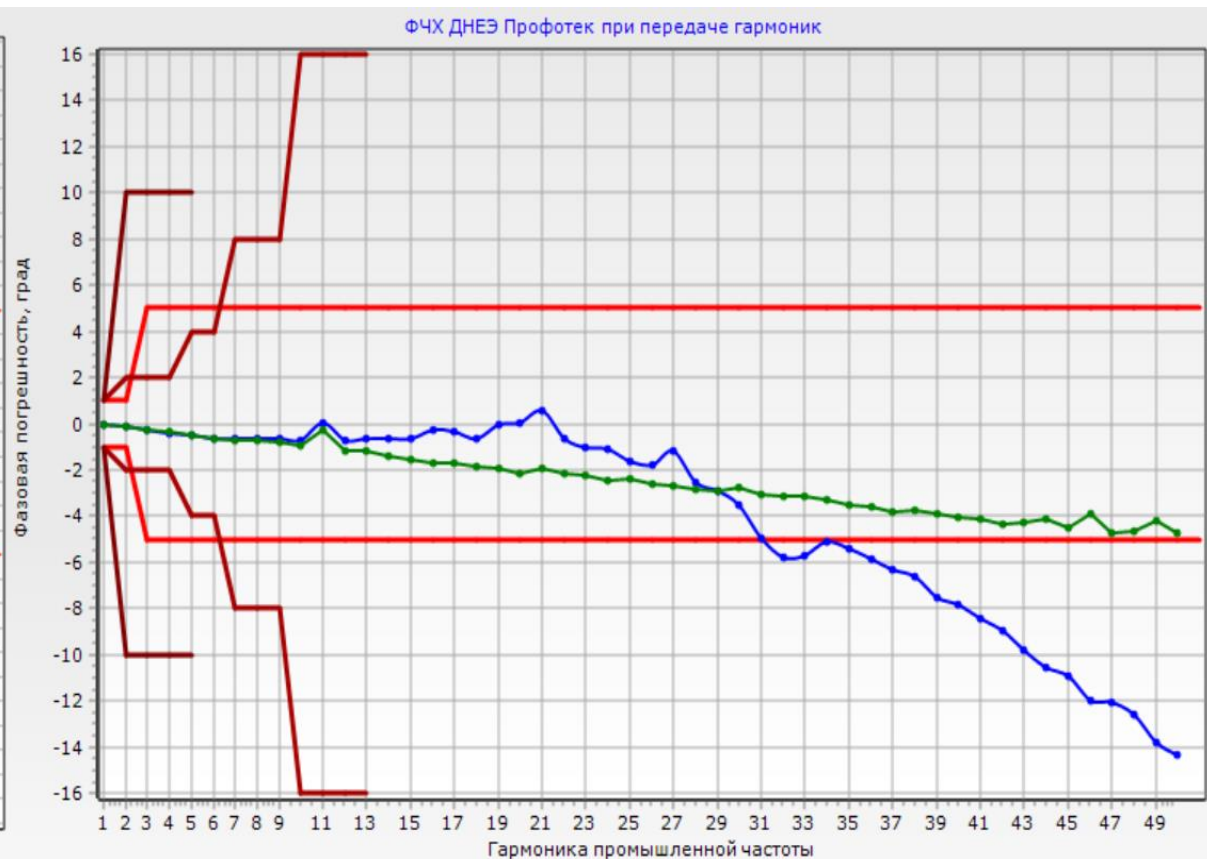




# АЧХ и ФЧХ ДЕЛИТЕЛЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ ЕМКОСТНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ (ДНЕЭ)



- Границы погрешности по ГОСТ Р МЭК 60044-8-2010 для измерения качества э/э
- Границы погрешности по ГОСТ Р МЭК 60044-8-2010 для КУЭ
- Границы погрешности по ГОСТ Р МЭК 60044-8-2010 для защиты
- Амплитудная погрешность ДНЕЭ при передаче гармоник поток РЗ (ФНЧ 500Гц)
- Амплитудная погрешность ДНЕЭ при передаче гармоник поток комучета (ФНЧ 3000Гц)



- Границы погрешности по ГОСТ Р МЭК 60044-8-2010 для измерения качества э/э
- Границы погрешности по ГОСТ Р МЭК 60044-8-2010 для КУЭ
- Границы погрешности по ГОСТ Р МЭК 60044-8-2010 для защиты
- Фазовая погрешность ДНЕЭ при передаче гармоник поток РЗ (ФНЧ 500Гц)
- Фазовая погрешность ДНЕЭ при передаче гармоник поток комучета (ФНЧ 3000Гц)

ДНЕЭ полностью соответствует требованиям стандартов по точности передачи гармоник с 1 по 50 для целей контроля качества электроэнергии, коммерческого учета и РЗА



# РЕЗЕРВИРОВАНИЕ ДНЕЭ



Полноценное резервирование измерений, нет взаимного влияния кернов

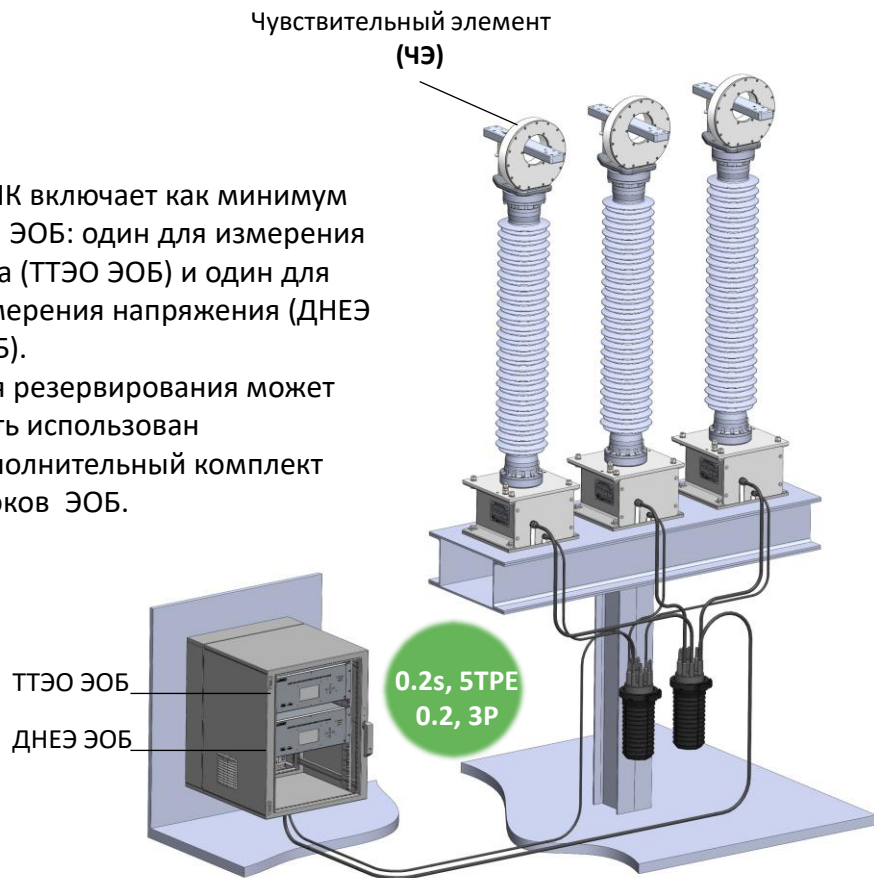


# ПРОДУКЦИЯ: ТРАНСФОРМАТОР ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫЙ (ТТНК)

**ТТНК** высокоточный комбинированный трансформатор тока и напряжения, который формирует выходной сигнал в соответствии со стандартом IEC 61850-9-2.

ТТНК включает как минимум два ЭОБ: один для измерения тока (ТТЭО ЭОБ) и один для измерения напряжения (ДНЕЭ ЭОБ).

Для резервирования может быть использован дополнительный комплект блоков ЭОБ.



Стойка с электронными блоками (ЭОБ)

Колонны с емкостным делителем и оптическим трансформатором на ОРУ

ТТНК состоит из комбинации оптического датчика тока (СЭ) (ТТЭО), датчика напряжения (ДНЕЭ), волоконно-оптического соединительного кабеля, ЭОБ. Внутри корпуса ЧЭ может быть размещено два чувствительных токовых элемента обеспечивающих резервирование и выполняющих функции измерений и релейной защиты.

Параметр	Значение
Принцип работы	Ток – Эффект Фарадея в специальном волокне, Напряжение – емкостной делитель с АЦП в основании
Изоляция	Силиконовая рубашка, Минеральное масло, гель
Номинальное напряжение	100-145 кВ 200-245кВ
Номинальный первичный ток	200 – 6 000 А
Цифровой интерфейс	МЭК 61850-9-2 / IEC 61850-9-2LE (с поддержкой PRP, RTP)
Класс точности	ток - 0.2s (измерения), 5TRP (защита) напряжение – 0.2 (измерения), 3P (защита)



Передача и распределение электроэнергии



# ТТНК: ЭЛЕКТРОННО - ОПТИЧЕСКИЙ БЛОК (ЭОБ)

ТТНК ЭОБ состоит из двух частей: ТТЭО ЭОБ и ДНЕЭ ЭОБ

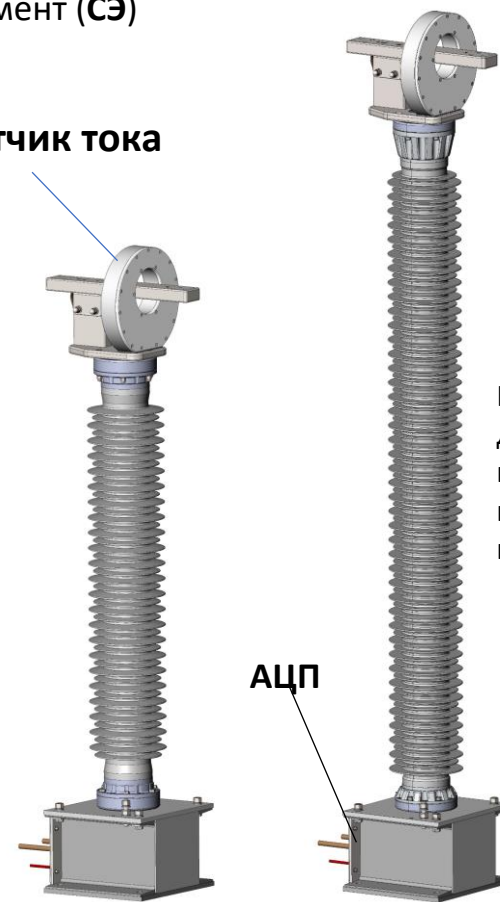


ТТЭО ЭОБ измеряет и обрабатывает оптические сигналы, поступающие от оптических чувствительных элементов измерения тока. На основе DSP ЭОБ рассчитывает эффективное значение тока. ТТЭО ЭОБ имеет модульную структуру. Основные модули, это оптические модули (по одному на каждую фазу), модуль температурной компенсации и интерфейсный модуль.

ДНЕЭ ЭОБ осуществляет измерение и обработку сигналов, поступающих от измерительного блока напряжения. Блок имеет модульную конструкцию. В случае резервирования функций измерений тока, ТТНК может быть укомплектован дополнительным ТТЭО ЭОБ, В случае резервирования функций для измерения напряжения, ТТНК может быть укомплектован вторым ДНЕЭ ЭОБ.

**Высоковольтная конструкция ТТНК** представляет собой емкостной делитель в верхней части которого установлен волоконно-оптический сенсорный элемент (СЭ)

Датчик тока



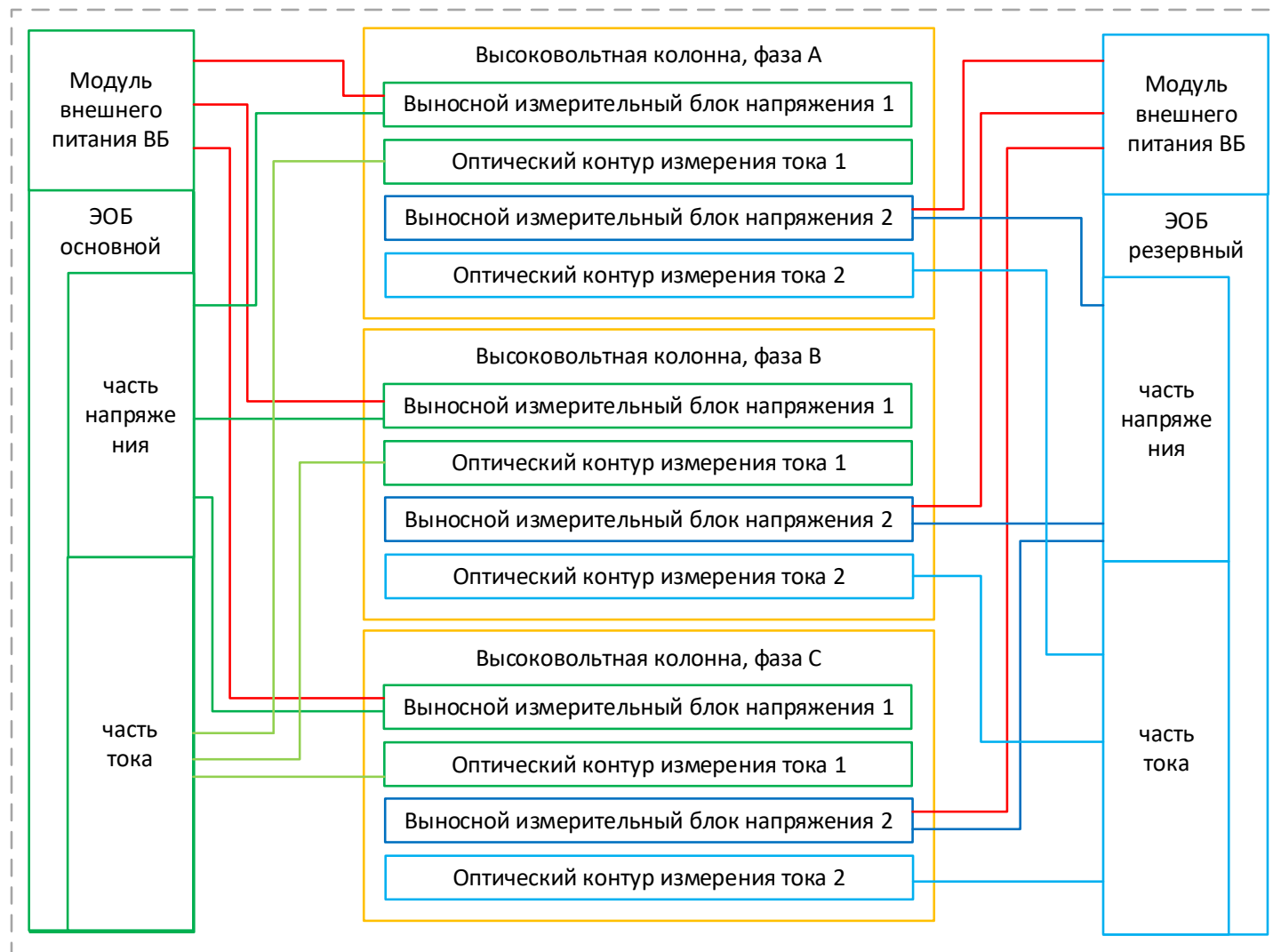
100 - 145 кВ

200 - 245 кВ

Колонна емкостного делителя установлена на подставке, внутри которой расположены измерительные модули



# ОРГАНИЗАЦИЯ РЕЗЕРВИРОВАНИЯ В КОМБИНИРОВАННЫХ ТРАНСФОРМАТОРАХ



Полноценное резервирование измерений, нет взаимного влияния кернов



## Официально пройденные тесты на совместимость у поставщиков вторичных устройств:

ВЕНДОР	ПРИБОР
Siemens	SIPROTEC 5 Protection terminal 7SL87 SIPROTEC 5 Fault recorder 7KE85
ABB	670LE2, REG 670, REG 650 Protection terminals
EFACEC	TPU L500 Protection terminal
Schweitzer Engineering Laboratories	SEL-421 Protection terminal
Nari Relays	NR PCS 902
Landys&Gyr	ZMQ802C – Energy meter
ЭКРА	EKRA2704
РЕЛЕМАТИКА	TOP-300
PROSOFT	ARIS-EM счетчик электроэнергии
Юнител инжиниринг	MP3-3
General Electric	Alstom Grid MiCOM Agile P645 Protection terminal
Энергосервис	ЭНИП счетчик электроэнергии



Цифровой формат передачи  
данных

✓ **Российский профиль  
61850-9-2**



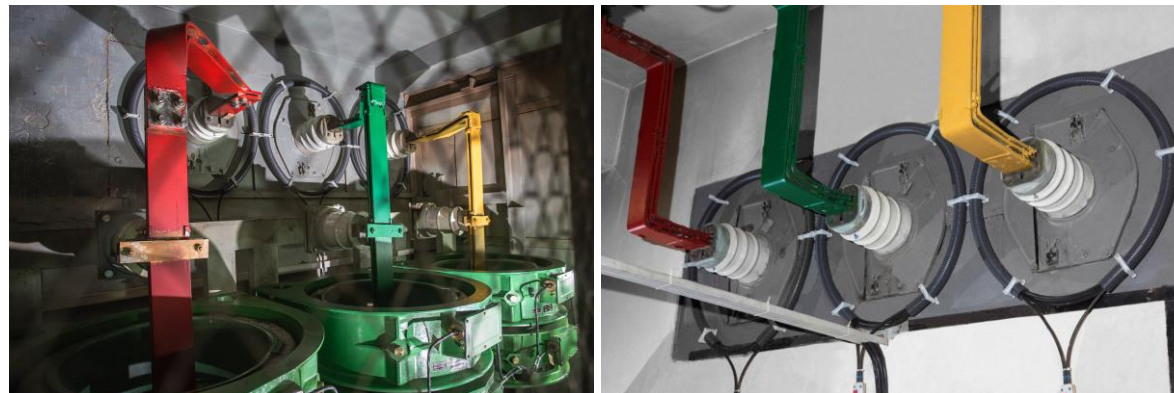
# ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ

**2011 - 2020**

# ОСНОВНЫЕ УРОКИ И ДОСТИЖЕНИЯ



Описание проекта	
Название проекта	Нижегородская Гидроэлектростанция
Заказчик	РусГидро
Расположение	Россия, Нижний Новгород
Тип установки	ОРУ с воздушной изоляцией, выходы генератора (закрытого типа), возбуждение генератора
Уровень напряжения	1 кВ 13.8 кВ 110 кВ
Подробности	Пилотный проект “Цифровая Подстанция” для тестирования совместимости ТТЭО-Г, ДНЕЭ и релейной защиты различных поставщиков.
Комплект поставки	Измерительные трансформаторы и услуги по вводу в эксплуатацию
Установленное оборудование	ТТЭО-Г 13.8 кВ (2 шт.) - нейтраль генератора и линейные выходы ЭТН 13.8 кВ (2 шт.) – нейтраль генератора и линейные выходы ТТЭО-110, ЭТН-CD – 110 кВ сторона генераторного трансформатора ТТЭО-Ш, ЭТН-RD 1 кВ – система возбуждения генератора
Интеграция с системами РЗА	TOP-300 (Релематика) RET670 (ABB) Alstom P40 Agile P645 (GE) EKRA-200 (ЭКРА) ARIS-EM (Прософт) Siprotec 5 (Siemens)
Начало эксплуатации	2015



### Извлеченные уроки

- Сетевая инфраструктура является критически важным компонентом, при неправильной реализации способна вносить хаос в работу ЦПС случайным образом
- Критерии выбора номиналов ТТ для ЦПС и обычных подстанций разные
- Опытно-промышленное производство не может обеспечить требуемое качество для масштабного применения
- Оптическое питание систем измерения не может обеспечить требуемую надежность без дополнительных системных исследований и разработок
- Система синхронизации времени должна стабильно обрабатывать потерю спутников
- Работающее оборудование не обязательно сохраняет работоспособность если в шкафах размещается оборудование других производителей и разные подрядчики имеют туда полный доступ



Описание проекта	
Название проекта	ПС «Десна»
Заказчик	Транснефть
Расположение	Брянская область, Переторги, Россия
Тип установки	ОРУ с воздушной изоляцией
Уровень напряжения	110 кВ
Подробности	2х3-фазных ТТЭО-110 2х3-фазных ДНЕЭ-110 Децентрализованная структура иерархии цифровой подстанции Разнообразие технических решений, включая программный анализ производительности сети для IEC-61850-9-2 и IEC 61850-8-1
Комплект поставки	Измерительные трансформаторы, ЭОБ, электрические шкафы и услуги по вводу в эксплуатацию
Установленное оборудование	ТТЭО (2 шт.) ДНЕЭ (2 шт.)
Интеграция с системой управления	Релейная защита – ЭКРА Система контроля и SCADA – ЭКРА Шина процесса независима от станционной шины Синхронизация времени через коммутаторы ЭКРА по RTRv.2
Начало эксплуатации	Январь 2019



#### Извлеченные уроки

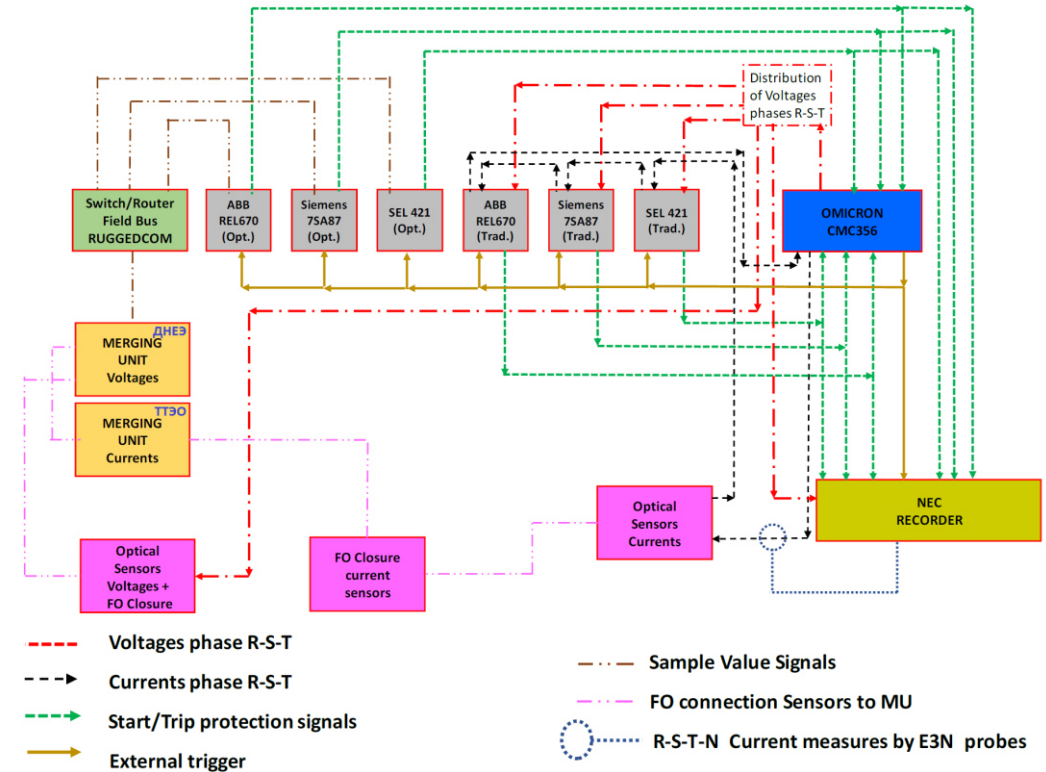
- Параметры ЭМС, заложенные в ГОСТ Р МЭК 60044-X недостаточны для реальных подстанций
- Сервера времени разных производителей по-разному работают и необходимо их эффективное тестирование. Особенно в сетях с резервированием
- Цифровые трансформаторы не должны слепо доверять времени, полученному от серверов, и подвергать сомнению попытки резкой смены синхронизации
- При большом объеме трафика коммутаторы не всегда справляются с нагрузкой в сетях с PRP, необходимо закладывать большой резерв
- Для повышения надежности оборудование не должно иметь слабо защищенных межблочных связей



Описание проекта	
Название проекта	Натурные испытания аналоговых и цифровых защит, проведенные в независимой лаборатории CESI
Заказчик	TERNA, Италия
Расположение	Милан, Италия
Тип установки	Лабораторные испытания
Уровень напряжения	N/A
Подробности	1x3-фазный ТТЭО-Г 1x3-фазный ДНЕЭ
Комплект поставки	Измерительные трансформаторы
Установленное оборудование	ТТЭО-Г ДНЕЭ
Интеграция с системой управления	Релейная защита SEL-421 SIEMENS Siprotec 5 7SA87 ABB REL 670 Синхронизация времени – MEINBERG LANTIME M300/GPS
Период испытаний	2018 - 2019



### Схема испытаний

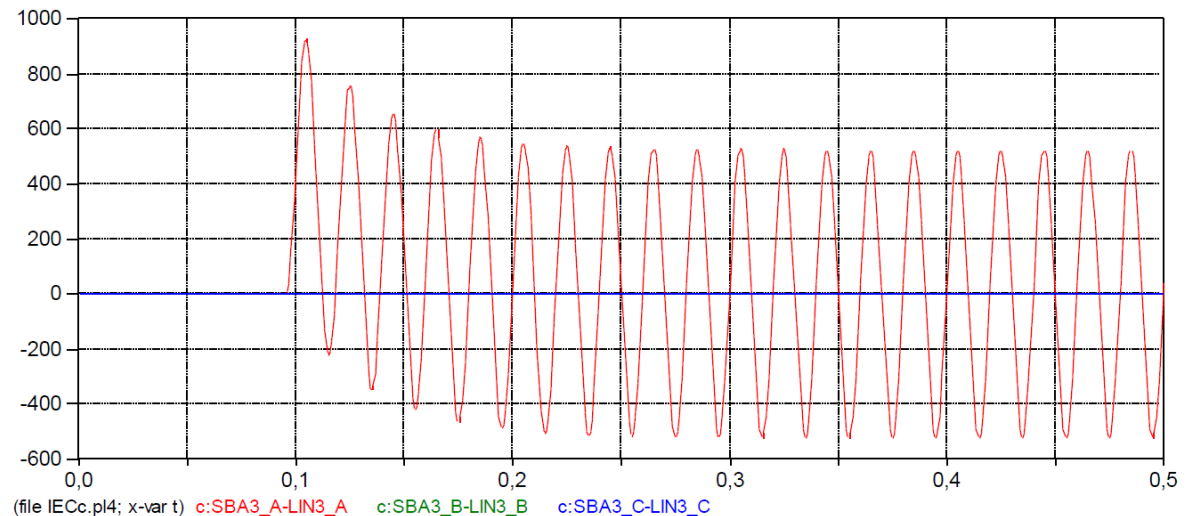
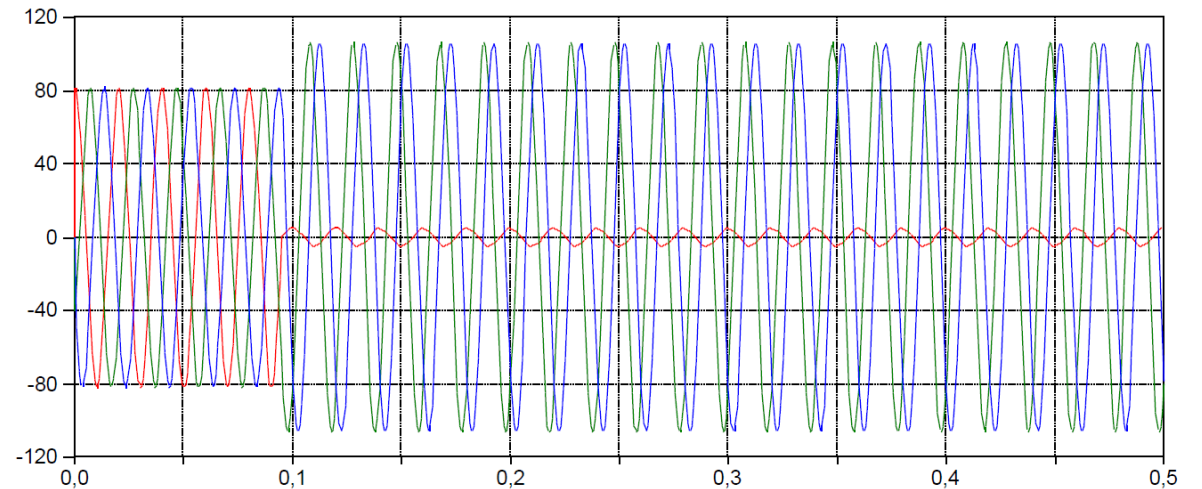




Проведенные тесты	ID test
Basic characteristic accuracy under steady state conditions	---
Basic directional accuracy under steady state conditions	---
Determination of accuracy related to time delay setting	IEC-a
Determination of the disengaging time	IEC-b
Dynamic Performance – SIR diagrams	IEC-c
Dynamic Performance – SIR/CVT diagrams	IEC-d
Dynamic Performance - Transient Overreach Tests	---
Steady State Harmonics Tests	---
Transient Oscillation Tests	IEC-e
Steady State Frequency Deviation Tests	---
Transient Frequency Deviation Tests	IEC-f
Double infeed tests for single line	IEC-g
Current reversal test	IEC-h
Evolving faults (only one line affected)	IEC-i
Evolving faults (both lines affected)	IEC-l

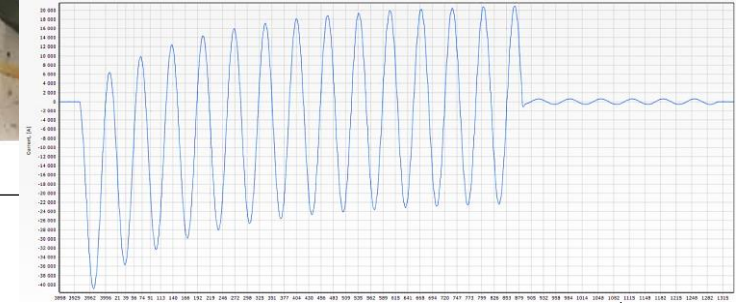
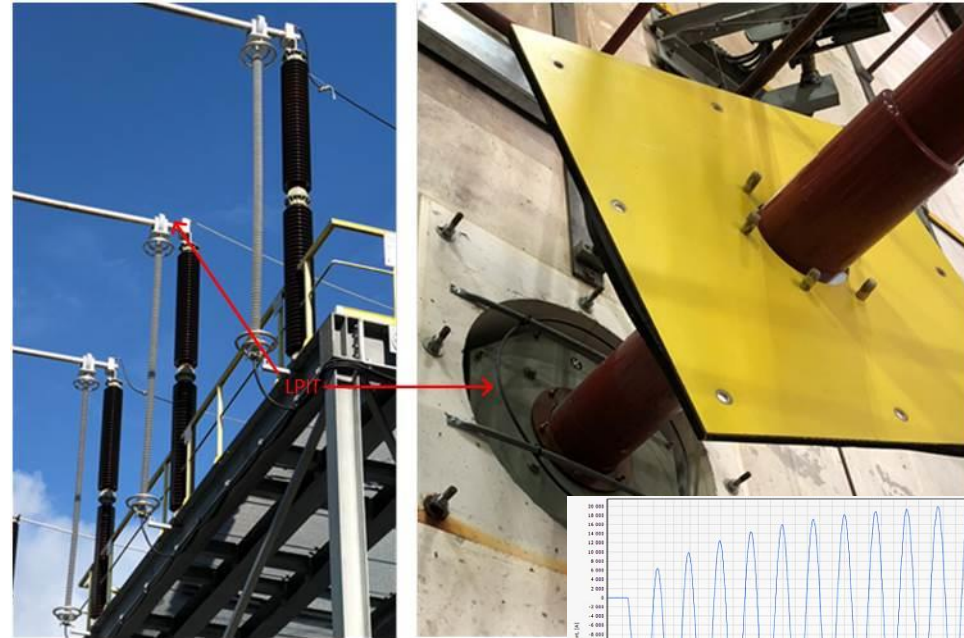
Основным результатом стало подтверждение идентичности срабатывания классических и цифровых защит при подаче тестовых сигналов на ТТЭО и ДНЭЭ во всех тестах.

Основной выявленный недостаток – неточное присвоение меток времени цифровых потоков в терминалах при записи COMTRADE файлов





Описание проекта	
Название проекта	DNV-GL
Заказчик	KEMA DNV-GL High Power Laboratories
Расположение	Arnhem, NL
Тип установки	ОРУ и внутри тестового зала
Уровень напряжения	Система 1 550kV Система 2 245kV
Подробности	Система 1 3 фазы шинного исполнения с 2 независимыми контурами на разный номинальный ток 0-5kA & 5-150kA  Система 2 3 фазы ТТЭО-Г для токов 1 – 200kArms с любыми параметрами апериодики, постоянной составляющей и В-О-В-О циклов.  Используется как эталон при сертификации высоковольтного оборудования
Комплект поставки	ТТЭО Работы по МНР, ПНР
Установленное оборудование	CONDIS Profotech EFOCT-B-550 kV CONDIS Profotech F-EFOCT-245 kV
Интеграция с системой управления	Система измерения заказчика с интегрированной сетью IEC 61850  Синхронизация времени IEEE 1588 (PTPv2)
Начало эксплуатации	Март 2018



### Извлеченные уроки

- Заказчикам необходимы решения безопорного исполнения для жесткой ошиновки
- Качество ТТЭО соответствует или превосходит лучшие образцы мировых производителей
- Установка электронных блоков фактически на ОРУ в непосредственной близости от коммутационных аппаратов 200кА требует дополнительных мер экранирования

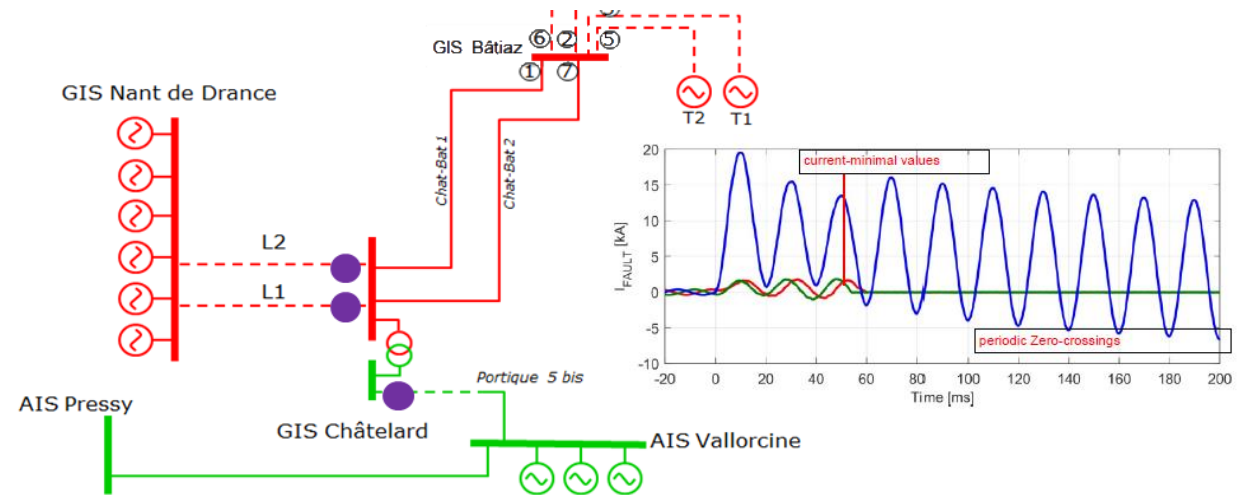


Описание проекта	
Название проекта	Гидроэлектростанция Nant de Drance (компания Swissgrid, Швейцария)
Заказчик	Swissgrid, Швейцария
Расположение	Кантон Вале, Швейцария
Тип установки	Высоковольтные кабели трансформаторов гидрогенераторов 220 кВ и 330 кВ
Уровень напряжения	220 кВ, 330 кВ
Подробности	3 комплекта – 3х-фазных ТТЭО-Г
Комплект поставки	Измерительные трансформаторы и услуги по проектированию и вводу в эксплуатацию
Установленное оборудование	ТТЭО-Г
Решаемая задача	Создание системы измерений AC и DC на высоковольтных кабелях трансформаторов гидрогенераторов 220 кВ и 330 кВ, обеспечивающей высокоточные измерения аperiodического тока в диапазоне от 5А до 40кАв условиях возможности работы без пересечения током нуля.
Период испытаний	2018 - 2019

Данный проект изложен в докладе CIGRE 2020 A3-884 Monitoring of asymmetric short circuit currents at a hydro power plant using electronic fibre optical current transformers



### Схема установки и полученные выводы



#### Извлеченные уроки

- Разработать комплект документации и оборудования под специальные требования для зарубежных проектов не тривиальная задача в части согласований и т.д.
- Для систем с длительной аperiodической альтернативы оптическим трансформаторам нет. Монтаж возможен без вмешательства в схему

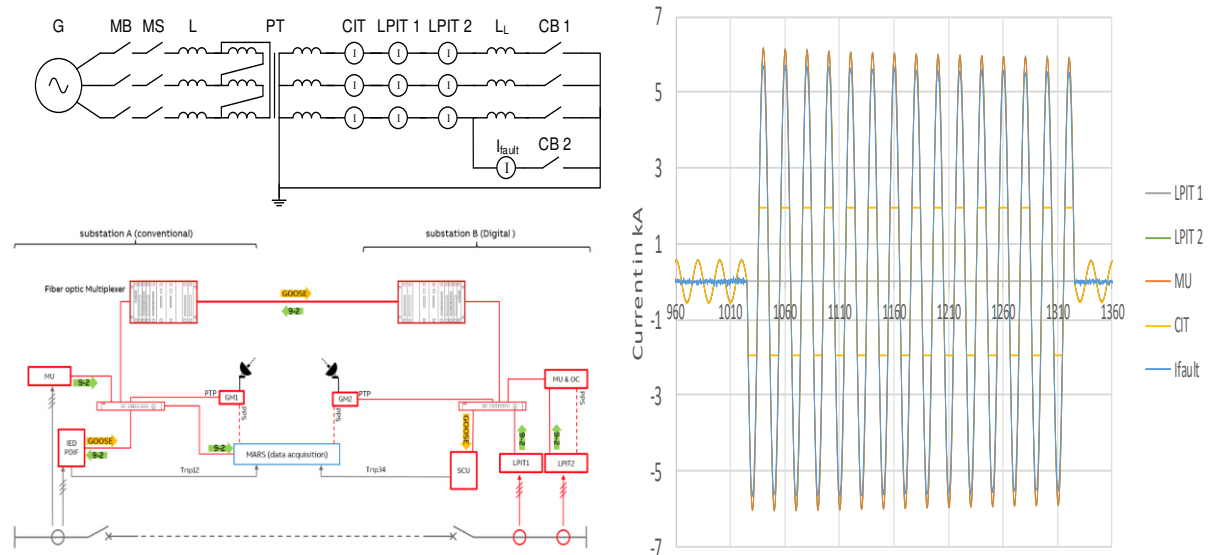




Описание проекта	
Название проекта	ТТЭО в качестве эталонного средства измерения при коммутационных испытаниях для регистрации переходных процессов и на испытаниях токами короткого замыкания
Заказчик	Кема, Нидерланды
Расположение	Арнем, Нидерланды
Тип установки	Лабораторные испытания
Уровень напряжения	550 кВ
Подробности	1х3-фазный ТТЭО-Ш 1х3-фазный ТТЭО-Г
Комплект поставки	Измерительные трансформаторы
Установленное оборудование	ТТЭО-Ш -550 кВ ТТЭО-Г
Суть испытаний	тестирование реального однофазного КЗ в трехфазной сети с цифровыми защитами и трансформаторами ABB (рис. 7,8), ТТЭО использовался как эталонный прибор, а так же как альтернатива оптическим трансформаторам ABB в схемах дифзащиты линии
Период испытаний	2018 - 2019



### Схема испытаний и полученный результат



#### Извлеченные уроки

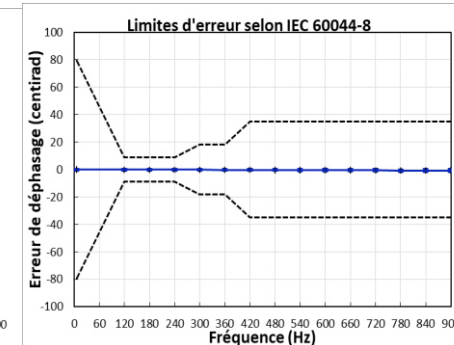
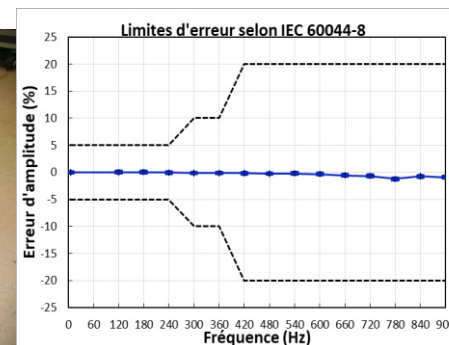
- Натурным экспериментом подтверждена корректность работы дифзащиты линии при использовании вариантов ТТЭО – Оптический ТТ АBB; Оптический ТТ АBB – MU (ABB)
- При сравнении кривых КЗ, полученных от ТТЭО (образца 2018г) и от оптического ТТ АBB (образца 2019г) выявлена их полная идентичность

Данный проект изложен в докладе CIGRE 2020  
V3-307 Pre-Qualification Testing of Digital Substations



## Описание проекта

Название проекта	Квалификационные испытания оптических трансформаторов тока для поставки на пилотный проект 750кВ Saguenay (Канада) компании Hydro Quebec
Заказчик	IREQ, Канада
Расположение	Монреаль, Канада
Тип установки	Лабораторные испытания
Уровень напряжения	N/A
Подробности	1х3-фазный ТТЭО
Комплект поставки	Измерительные трансформаторы
Установленное оборудование	ТТЭО
Суть испытаний	Проведение отборочных испытаний, включающих в себя: погрешности в рабочем и релейном диапазоне (включая исследование мгновенной погрешности по классу 5TRP), исследования частотных характеристик, исследование работы с системами синхронизации времени в различных режимах работы, температурные и вибрационные испытания
Период испытаний	2018 - 2020



### Извлеченные уроки

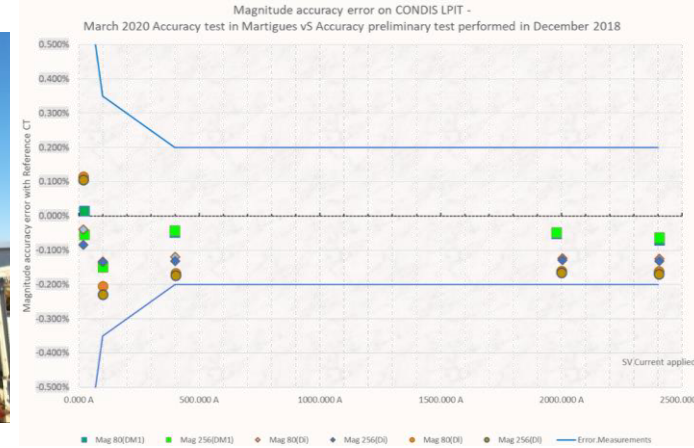
- Для запуска ЦПС 748kV компанией Hydro Quebec поставлены под сомнение декларируемые технические характеристики оптических трансформаторов тока как «чрезмерные». Назначена обязательная предпроектная техническая натурная квалификация образцов
- Независимым Канадским институтом IREQ тестировались ТТ Artech, ABB, GE (USA), GE (бывш. Alstom / NXTPHASE), Trench (Siemens) и Профотек (под совместным брендом CONDIS/Profotech) для квалификационного проекта
- Испытания проводились в течение 2018-2019 годов и включали в себя: точность, АЧХ/ФЧХ, синхронизацию времени в различных режимах, климатическую, вибрацию, ЭМС и т.д.
- По итогам тестирования были выбраны ТТЭО Профотек, как показавшие наилучшее соответствие требованиям и реально соответствующие декларируемым параметрам. Аудит производства проведен успешно
- В 2020 ТТЭО изготовлен, проведен ряд типовых испытаний, после чего передан Заказчику. Производство и испытания происходили с обязательным участием Заказчика и независимых экспертов
- Для измерения напряжения по требованиям HydroQuebec в ТТЭО добавлен встроенный модуль оцифровки вторичного напряжения индуктивного ТН





Описание проекта	
Название проекта	ПС Martigues (Франция)
Заказчик	EDF, Франция
Расположение	Станция ускоренного старения Мартини́г, Франция (1 год = 5 лет нормальной эксплуатации)
Тип установки	Комбинированный трансформатор 110 кВ
Уровень напряжения	110 кВ
Подробности	1 комплект – 1-фазный ТТНК предварительное тестирование в лаборатории EDF демонтаж со сломом оптоволокну и последующий монтаж на станции старения с периодическим тестированием
Комплект поставки	Комбинированный измерительный трансформатор и услуги по консультации для ввода в эксплуатацию
Установленное оборудование	ТТНК 110 кВ
Решаемая задача	Исследование поведения ТТНК в тяжелых климатических условиях (соляного тумана, повышенной солнечной радиации, химического загрязнения и повышенного напряжения (145кВ для прибора на 123кВ).
Период испытаний	2018-2020

Данный проект изложен в докладе CIGRE 2020  
 A3-885 Accuracy study of a combined low-power instrument transformer in different climatic and pollution conditions



### Извлеченные уроки

- Обученный подрядчик, располагающий необходимым оборудованием может самостоятельно (без АО «Профотек») успешно вводить и ремонтировать ТТЭО
- Применение подручных не эталонных средств поверки и калибровки OMICRON дает дополнительную неопределенность порядка 0.1 – 0.2% при выставлении номинальной точки
- За период ускоренного старения в течение 15 месяцев (эквивалентно примерно 6 лет эксплуатации) в условиях повышенной солнечной радиации, химических загрязнений и соляного тумана под повышенным напряжением (145кВ для колонны 110кВ) деградации не выявлено, погрешность осталась в пределах заявленного класса точности 0.2S





Описание проекта	
Название проекта	Казахстанский алюминиевый завод
Заказчик	ERG, Группа компаний
Расположение	Павлодар, Казахстан
Тип установки	ТТЭО-Г для измерения постоянного тока
Уровень напряжения	1.5 кВ постоянного тока
Подробности	Измерение 12 постоянных токов с номинальными токами 35 кА и Первичная шина перед распределением с номинальным током 420 кА Выходы: 0..40 мА, 4..20 мА, частота, импульс, Modbus
Комплект поставки	Решение “под ключ” Проектные услуги, Измерительные трансформаторы и шкафы, установка, осуществление сбора данных в системах SCADA и AMR, услуги по вводу в эксплуатацию
Установленный LPIТ	ТТЭО-Г для постоянного тока, 14 шт.
Интеграция с системой управления	AlphaCenter для коммерческого учёта, Локальная SCADA для процесса плавки
Начало эксплуатации	Май 2019



### Извлеченные уроки

- Грамотно спроектированная и смонтированная система дает возможность контролировать баланс с точностью до 0.3% по группе из 12 ТТЭО класса 0.2% по сравнению с ТТЭО, установленном на общей шине
- Во время работы на электронные блоки и измерительные датчики может воздействовать поле, превышающее 100А/м и прибор должен обеспечивать работоспособность по критерию А (не В, как в стандарте)
- Влияние сторонних предметов, соседних фаз и мощных электромагнитных полей рядом с чувствительным элементом отсутствует

$$I_{\Sigma} = \sum_{n=1}^{12} I_n$$

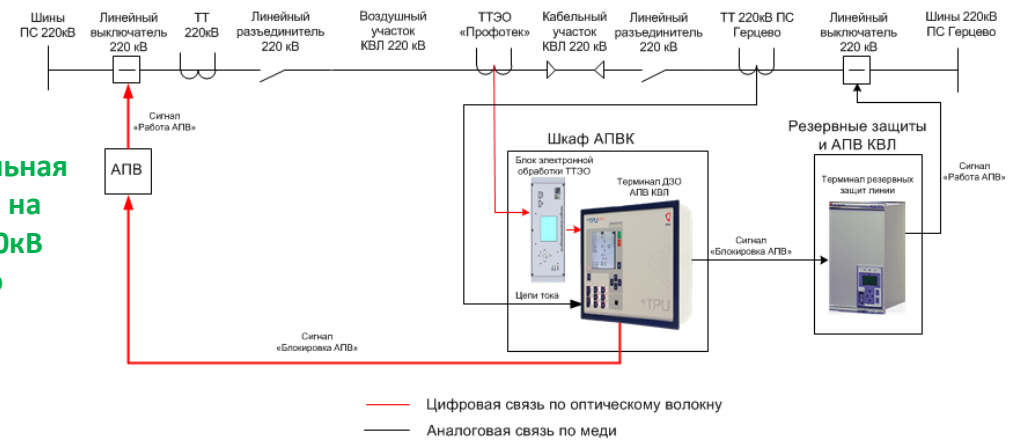




<b>Описание проекта</b>	
<b>Название проекта</b>	<b>Создание системы АПВ с применением ОТ на ПС Герцево 220 кВ</b>
<b>Заказчик</b>	ОЭК, Россия
<b>Расположение</b>	Москва, Россия
<b>Тип установки</b>	ОРУ с воздушной изоляцией, кабельные вводы
<b>Уровень напряжения</b>	220 кВ, 110 кВ
<b>Подробности</b>	13 комплектов 3х-фазных ТТЭО-Г для установки на 7 КВЛ 220кВ и 6 КВЛ 110кВ
<b>Комплект поставки</b>	Измерительные трансформаторы, ЭОБ, услуги по вводу в эксплуатацию
<b>Установленное оборудование</b>	ТТЭО-Г (13 шт.)
<b>Интеграция с системой управления</b>	Микропроцессорные терминалы производства Efacesc (серия TPU L500) в качестве ДЗО и РАС
<b>Начало эксплуатации</b>	2019



### Принципиальная схема АПВ на КВЛ ПС 220кВ Герцево



### Извлеченные уроки

- Возможна организация дифференциальной защиты при котором с одной стороны стоит ТТЭО, а с другой – аналоговый ТТ
- Отработан монтаж и ПНР на кабельных муфтах без внесения изменений в первичную схему
- Необходимо запрещать источнику точного времени самостоятельно в процессе работы определять свои координаты





Описание проекта	
Название проекта	Разработка трансформаторов тока для встраивания в элегазовый выключатель ВГТ-УЭТМ-500
Заказчик	УЭТМ, Россия (на основании решения НТС ФСК ЕЭС)
Расположение	Екатеринбург, Россия
Тип установки	ОРУ с воздушной изоляцией, колонна выключателя
Уровень напряжения	500 кВ
Подробности	ТТЭО-Ш для установки на колонне выключателя 500 кВ (ВГТ-УЭТМ-500)
Комплект поставки	1 фаза ТТЭО-Ш, ЭОБ
Установленное оборудование	Установка на 1 полюс выключателя ТТЭО-Ш
Проведенные испытания	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Соответствие сборочным чертежам</li><li>▪ Влияние работы механизмов на измерения</li><li>▪ Электрическая прочность изоляции</li><li>▪ Напряжение радиопомех</li><li>▪ Характеристики работы выключателя и привода</li><li>▪ Ресурс по механической стойкости</li><li>▪ Метрологические характеристики ТТЭО</li></ul>
Окончание испытаний	2020



Причина разработки – неудобство эксплуатации встроенных электромагнитных ТТ

- Насыщение в аварийных режимах
- Рост погрешности при насыщении, низкая точность
- Необходимость размещения нескольких обмоток для различных динамических диапазонов
- Замена капиталоемкая, влечёт за собой демонтаж ввода и последующую регулировку выключателя
- Демонтаж для поверки затруднителен

Извлеченные уроки

- Принципиальная возможность изготовления диагонального спуска оптоволоконна по тонкой колонне с высокого потенциала
- Установка ТТЭО на выключатель не ухудшает высоковольтную изоляцию выключателя
- ТТЭО успешно выдержал ресурсные испытания в установленном на выключатель положении в течении 2000 циклов В-О



Описание проекта	
Название проекта	ПС «Тобол»
Заказчик	Федеральная Сетевая Компания, Россия
Расположение	Тобольск, Россия
Тип установки	ОРУ с воздушной изоляцией
Уровень напряжения	500 кВ
Подробности	2х3-фазных ТТЭО 2х3-фазных ДНЕЭ
Комплект поставки	Измерительные трансформаторы, электрические шкафы и услуги по вводу в эксплуатацию
Установленное оборудование	ТТЭО-500 кВ CONDIS Профотек ДНЕЭ-500 кВ
Интеграция с системой управления	Релейная защита – Siemens Siprotec 5, ЭКРА Коммерческий учёт и контроль показателей качества – Прософт, ЭнергоСервис Система контроля - Siemens Шина процесса независима от станционной шины Синхронизация времени PTPv.2
Начало эксплуатации	Март 2018



#### Извлеченные уроки

- Проектировщиком цифрой части подстанции должны быть те, кто имеет реальный опыт пилотов и обеспечения работоспособности и совместимости оборудования ЦПС
- Параметры ЭМС, заложенные в ГОСТ Р МЭК 60044-X недостаточны для реальных подстанций
- Тестирование терминалов ЦПС должно включать в себя правильность присвоения меток времени
- Необходимо выбирать наиболее качественные сервера времени для сетей PRP
- Необходима верификация алгоритмов работы РЗА для цифровых ТТ и ТН





# ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО ИТОГАМ РЕАЛИЗАЦИИ ЦПС С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИФРОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ



## 1. ПРИМЕНИМОСТЬ ЦИФРОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ПРИ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЕ С РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТОЙ В РЕЖИМЕ КЗ И ПРИ СПЕЦИФИЧЕСКИХ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССАХ

- Влияние измерений аналоговых и цифровых трансформаторов не отражается в работе в простых вариантах защит, **используемых в стандартных применениях**. Опыт сравнения показал 100% совпадение результатов срабатывания традиционных и цифровых терминалов при условии качественной организации информационной подсистемы ЦПС.
- При наличии значительных несинусоидальных переходных процессов альтернативы оптическим трансформаторам нет.
- Выполненные по стандарту МЭК 61850 терминалы и оптические трансформаторы взаимозаменяемы в части информационных подсистем и позволяют эксплуатировать системы с разными производителями компонент, тем самым подтверждается основной принцип взаимозаменяемости.
- Время срабатывания цифровых защит примерно на 2-5 мс дольше чем у классических, т.к. 2 мс – это время предусмотренное стандартом на измерение и выдачу пакетов измерений трансформаторами, от 0 до 3 мс добавляют производители РЗА для дополнительного контроля пришедших выборок. Данное время можно уменьшить путем оптимизации алгоритмов РЗА с учетом особенностей работы оптических трансформаторов.
- Пока можно констатировать факт того, что **алгоритмы терминалов аналоговых и цифровых версий практически идентичны и в полной мере преимущества класса точности 5TRP не реализуют.**

- **Сеть передачи данных.** Неправильно настроенная или некорректно работающая шина процесса способна приводить к ложным выводам защит из работы и переполнением буферов событий. Необходимо на уровне SCADA подстанции или вспомогательных подсистем анализировать показатели сети передачи данных для выявления сбоев, а также – контролировать топологию сети по таблицам разрешенной маршрутизации пакетов.
- **Система синхронизации времени.** Является второй по объему тестирования при ПНР и первая по количеству причин сбоев болевой точкой ЦПС. **Необходимо намного больше внимания уделять тестированию серверов времени в различных режимах – работа по PRP, потеря и восстановление связи со спутниками, ВМСА и т.д.** Опыт **всех** пилотных проектов реальных подстанций показал наличие огромного пласта неидентифицированных проблем по причине именно поведения серверов времени. Специально ради исключения таких сбоев во встроенное ПО трансформаторов добавлены функции контроля доверия серверам времени и отложенные реакции на внезапные изменения параметров если «вдруг» источник времени через пару секунд передумает резко изменять шкалу времени. Количество «выбросов», регистрируемых из-за резкого изменения времени сервером после установки таких защит, снизилось практически до нуля и специально введенные журналы событий контроля внешних подсистем регулярно фиксируют случаи неадекватного поведения системы времени.



- **Электромагнитная совместимость.** Особо стоит отметить, что опыт эксплуатации в сложных условиях электромагнитной обстановки (ПС 500кВ Тобол, ПС 110кВ Десна и Уват, Испытательный центр ВЭИ, Испытательный центр КЕМА) показали, что приведенные в стандартах ГОСТ Р МЭК 60044 уровни ЭМС недостаточны и должны быть увеличены практически до максимальных. Особенно это важно для узлов оборудования, расположенных на ОРУ.
- **Правильность присвоения меток времени в COMTRADE и алгоритмах.** Следует в обязательном порядке делать испытания терминалов на правильность присвоения меток времени в COMTRADE и алгоритмах по аналоговым, цифровым и бинарным входам. Практика показала, что терминалы правильно обрабатывают по алгоритмам, но далеко не все терминалы могут корректно записать все во встроенный РАС, ошибки присвоения времени бывают до нескольких десятков градусов, как в одну, так и в другую сторону. Кроме того, отмечались случаи несовпадения алгоритмов расчета выводимых на экран и в COMTRADE напряжений и токов.



- Переход от классических понятий кернов ТТ/ТН для коммерческого учета и РЗА к понятию унифицированного керна, когда один и тот же цифровой поток данных соответствует одновременно классу точности КУ и классу точности РЗА для переходных процессов. Данное обстоятельство позволяет снизить себестоимость электронных трансформаторов сразу на 20% по отношению к решениям, реализованным в прошлые годы (вместо 3х электронных блоков достаточно только двух – основного и резервного, как следствие – снижение стоимости, места в ячейках, потребления от СОПТ и т.д.). Как бонус – в данном случае имеется возможность реализации бесшовного резервирования коммерческого учета при подписке счетчика одновременно на основной и резервный потоки.
- Переход к широкодиапазонным трансформаторам тока, когда один и тот же трансформатор может закрывать целый диапазон номинальных токов. Такой принцип заложен в унифицированных классах точности 1И, 2И, 1Р, 2Р СТО ПАО «Россети». Данный подход упрощает проектирование, снижает количество ЗиП в целом по сетям и приводит к снижению себестоимости за счет снижения номенклатуры выпускаемых изделий производителем, а так же – снижению ошибок при проектировании и закупке оборудования.
- Оптимизация терминалов РЗА путем снижения их номенклатуры и применения более эффективных алгоритмов с учетом отсутствия намагничивания ТТ и улучшенных характеристик ДНЕЭ.





- Практически все испытания трансформаторов должны проводиться во включенном состоянии с контролем работы электроники. В первую очередь это касается высоковольтных испытаний, вибрации и испытаний ЭМС. То, что для классических трансформаторов было достаточно критерия сломался/нет, то **для электронных важно поведение устройства во время испытаний.**
- **Устройства, имеющие медные входные контакты (например, с разъемами RJ45) должны испытываться на ЭМС с подключенными кабелями стандартной длины, что существенно изменяет их устойчивость к помехам.**
- **Климатические испытания должны проводиться в полном объеме включая холодный старт, узлы отбора мощности от сети (если такие есть) должны подвергаться испытанию одновременно с основным изделием и находиться в тех же условиях.**
- Особое внимание следует обращать на работу устройств в условиях различного поведения серверов времени.
- При аттестации следует серьезно относиться к вопросам готовности промышленного производства, качества и реальности декларируемых характеристик оборудования.



## 6. КОРРЕКТИРОВКА ТРЕБОВАНИЙ К ИСПЫТАНИЯМ ЭЛЕМЕНТОВ ЦПС В ЦЕЛЯХ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ

- Терминалы РЗА должны в обязательном порядке иметь детальную диагностику в COMTRADE по статусу синхронизации потоков и битовым маскам качества получаемых замеров, а так же – качества синхронизации.
- Терминалы должны корректно обрабатывать ситуацию потери синхронизации и не отключаться полностью, а только блокировать некоторые виды дифференциальных защит.
- Крайне рекомендуется иметь предварительный протокол детальных испытаний на совместимость конкретного типа трансформаторов с конкретным типом терминала. На текущем этапе все производители активно дорабатывают технологию с учетом накапливаемого опыта и в неоднозначно описанных случаях возможны несовпадения логики работы приборов.
- Работа ТТ в неполнофазном режиме, например, вследствие повреждения фазы, так же должна обрабатываться терминалами для обеспечения максимальной живучести защиты подстанции.
- Рекомендуется счетчики электроэнергии для ЦПС дооснастить автоматическим переходом на постоянно действующий резервный ТТ/ТН для бесшовного переключения.



- Дополнить проекты СТО ПАО Россети на ЦТТ и ЦТН фактическими требованиями по ЭМС, официально утвердить
- После утверждения СТО разработать корректную версию СТО ПАО Россети на испытания ЦТТ и ЦТН. В текущей версии оба документа непригодны и более того – вредны.
- На основе СТО ПАО Россети на ЦТТ и ЦТН разработать СТО по дополнительным требованиям к комбинированным ЦТТ/ЦТН и методам их испытаний.
- Разработать СТО на счетчики и приборы контроля качества для ЦПС и методы их испытаний.
- Разработать СТО на сервера синхронизации для ЦПС и методы их тестирования.
- Разработать РД на проектирование шин процесса и подстанции – нормы загрузки коммутаторов, количество портов и т.д.

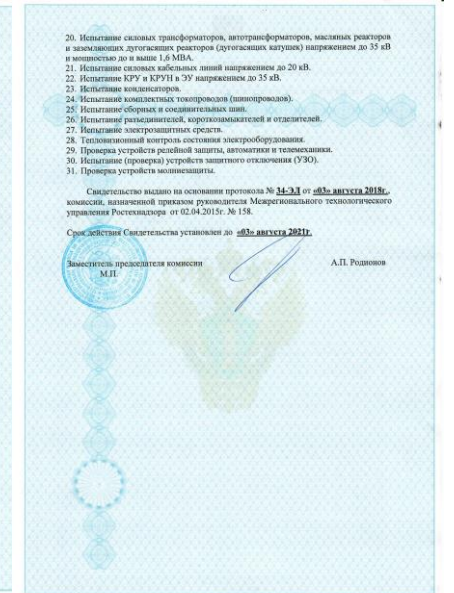


# АО «Профотек» сегодня...



## АО «Профотек» сегодня – это:

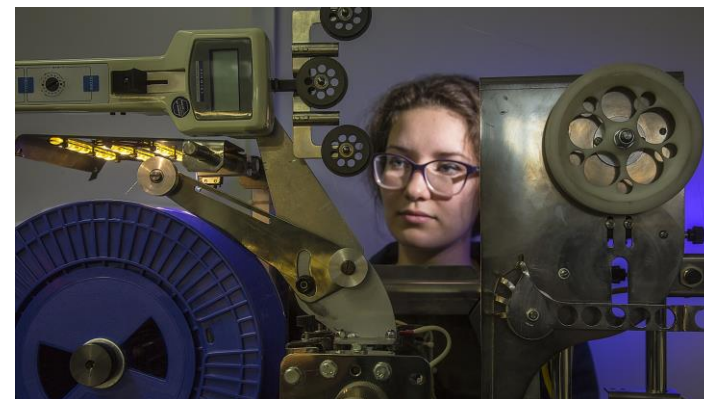
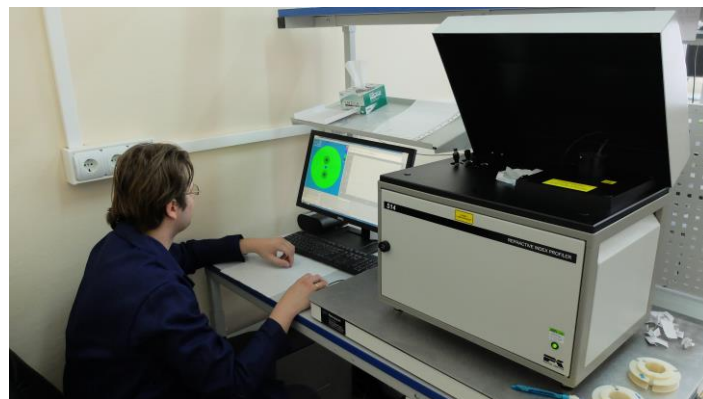
- российская компания полного цикла разработок, производства и обслуживания цифрового измерительного оборудования для токов высоких классов напряжения
- более 20 российских и международных патентов по технологии производства специализированного оптического волокна и волоконно-оптических измерительных приборов на его основе
- более 2800 м<sup>2</sup> производственных площадей
- более 70 инженеров и ученых
- аккредитованная высоковольтная испытательная лаборатория
- весь цикл создания продукции сертифицирован компанией Bureau Veritas Certification Russia на соответствие требованиям стандарта ISO 9001-2015
- Производство с 2018 года является серийным



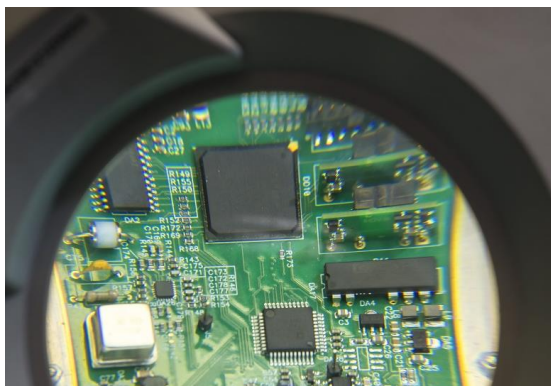




## 1. ПРОИЗВОДСТВО И ТЕСТИРОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ



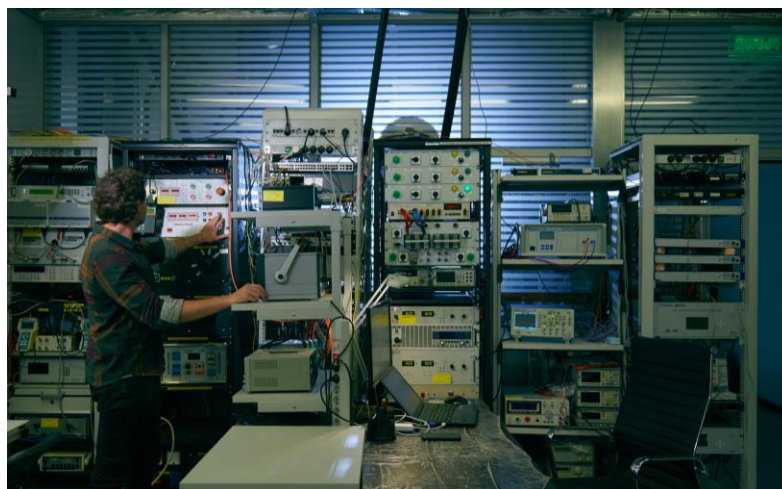
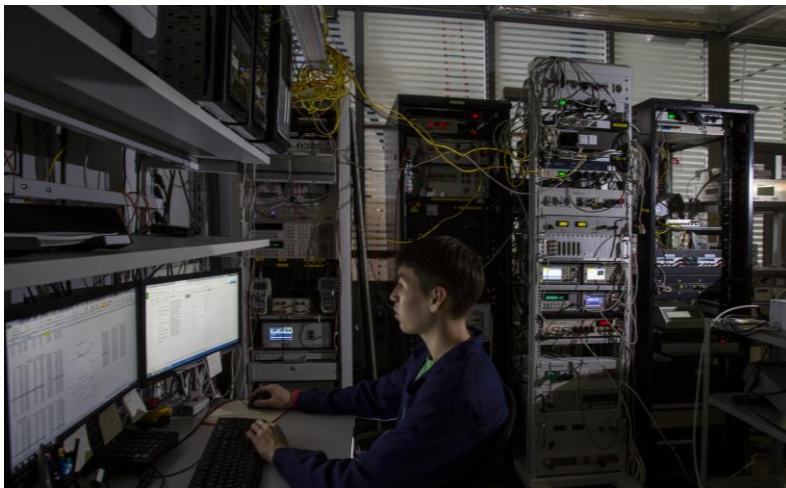
## 2. КОНТРОЛЬ НА ЭТАПЕ ПРОИЗВОДСТВА И СБОРКИ КОНЕЧНОГО ИЗДЕЛИЯ







## 2. ИСПЫТАНИЕ ГОТОВЫХ ИЗДЕЛИЙ





Техническое соответствие продукции проверено и технологический аудит производства успешно проведен компаниями нескольких стран:

Россия: Русал, ПАО Россети/ФСК ЕЭС, ОЭК, ТГК-1

Швейцария: CONDIS, GroupE, SwissGrid

Франция: EDF, RTE

Нидерланды: TENNET, DNV-GL (KEMA)

Финляндия: Fingrid

Канада: Hydro Quebec, IREQ

Италия: Terna, Cesi

США: MEPPI, MIT

Австралия: TransGrid

Казахстан: КАЗ



Эталонные оптические трансформаторы тока АО «Профотек» успешно работают в 8 испытательных лабораториях, ведутся процедуры оснащения еще нескольких



АО «Профотек» первыми в РФ осуществили разработку методов испытаний цифрового оборудования и внесли цифровые трансформаторы в госреестр. Наши наработки до сих пор копируются разными производителями. Сотрудники имеют большой опыт написания методик, стандартов и протоколов в том числе – по мировым стандартам



АО «Профотек» успешно выступает в качестве мирового лидера по производству и испытаниям измерительного оборудования для ЦПС, сотрудники привлекаются в качестве экспертов при сложных испытаниях



Уникальный испытательный центр АО «Профотек» и квалификация сотрудников высоко оценивается зарубежными партнерами. Заключено соглашение с КЕМА о привлечении ИЦ Профотек к испытаниям продукции для ЦПС. Специальные типовые испытания проводятся в ИЦ Профотек для Швейцарских, Канадских и Итальянских лабораторий (under witness)



Основные испытания на совместимость с вторичным оборудованием ЦПС производятся в ИЦ Профотек



Мировой лидер по производству высококачественных конденсаторов для энергетики – Швейцарская компания CONDIS (ex. MAXWELL) является представителем Профотек в Европе и Северной Америке, а так же собирает под совместным брендом оптические трансформаторы из блоков по лицензии Профотек



**ПРОФОТЕК**®  
профессиональные  
ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЕ  
ТЕХНОЛОГИИ



Технополис «Москва»  
109316, г. Москва, Волгоградский просп.  
д.42, корп. 5



+7 (495) 775-83-39



info@profotech.ru



www.profotech.ru

