

**Оптические высоковольтные  
измерительные системы**

**Оптические цифровые  
измерительные  
трансформаторы**



Пролайн

# Недостатки традиционных измерительных трансформаторов

Снижение эксплуатационных характеристик (безопасность, эксплуатационные расходы)

Ухудшение метрологических характеристик измерительных комплексов

Пониженная сейсмостойкость

Опасность размыкания вторичных цепей ТТ

Феррорезонанс

Повышенный тангенс диэлектрических потерь и ухудшенные переходные характеристики емкостных ТН

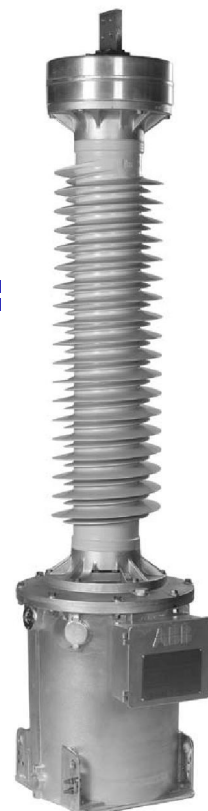
Наличие масла или элегаза

Большой вес и габариты

Насыщение ТТ при КЗ

Ширина и неравномерность полосы пропускания ТН

Влияние вторичных цепей на точностные характеристики ИИК



Электронные класса точности 0,2S



Индукционные класса точности 2

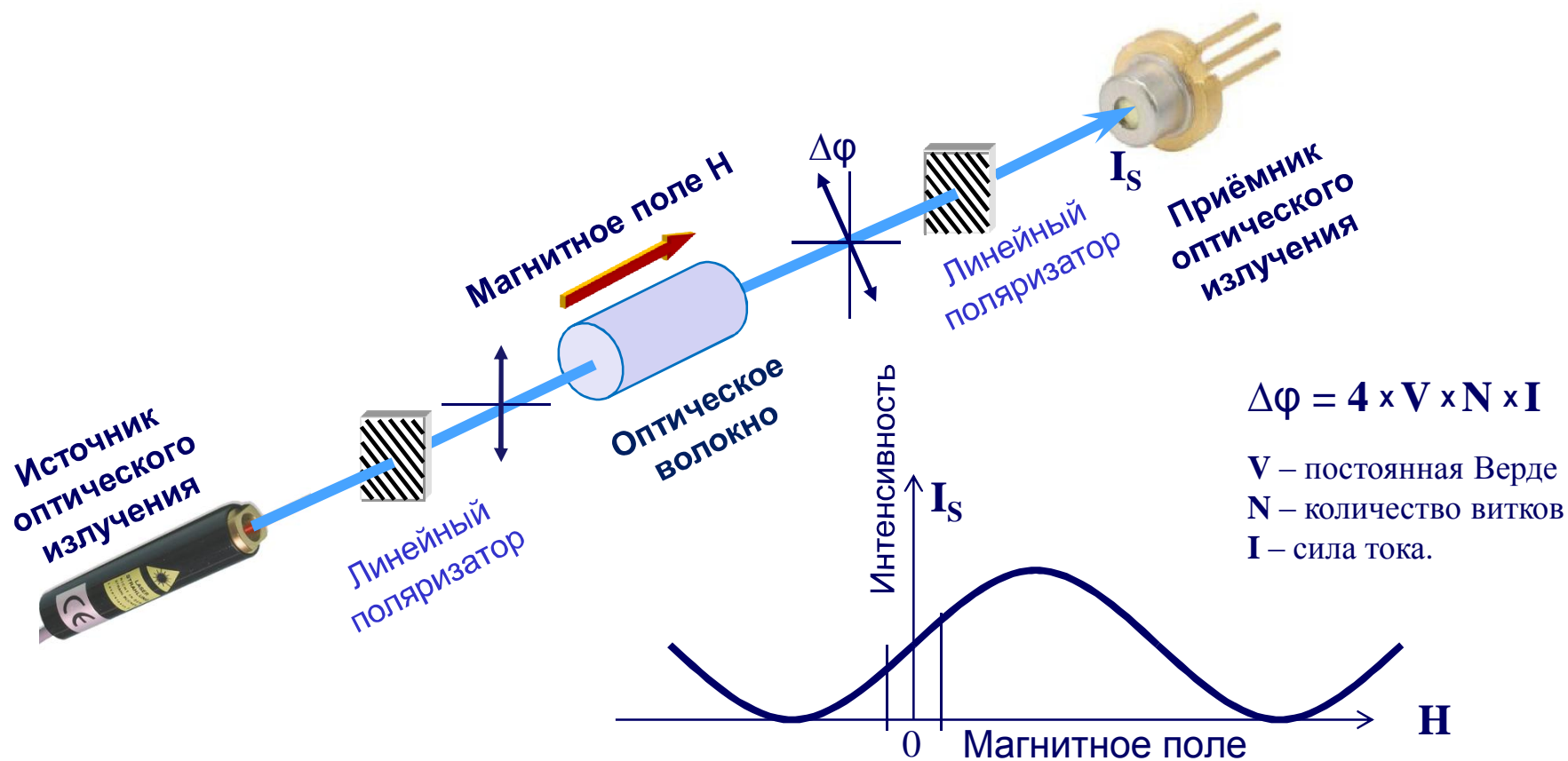




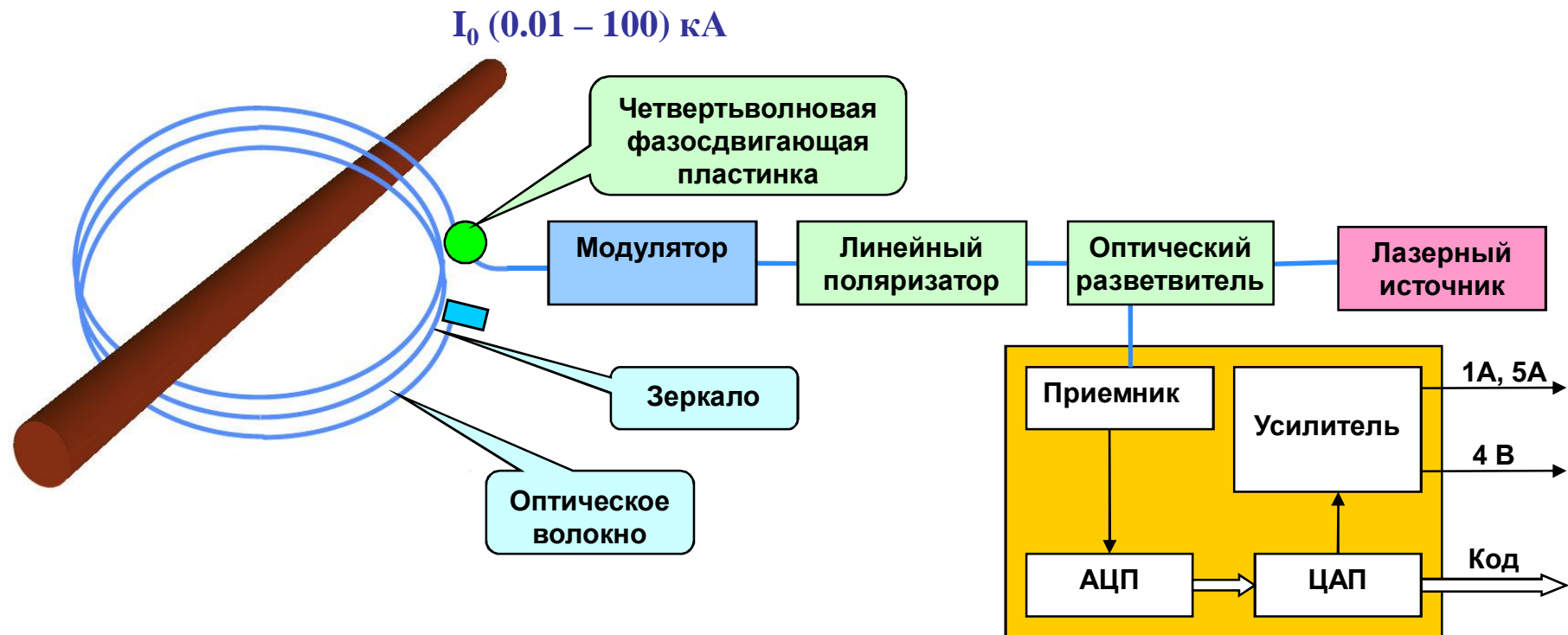
# Оптический измерительный датчик тока

## Продольный магнитооптический эффект Фарадея (1845 год)

заключается в том, что при распространении линейно поляризованного света через вещество, находящееся в магнитном поле, наблюдается вращение плоскости поляризации света



# Измерительный оптический трансформатор тока

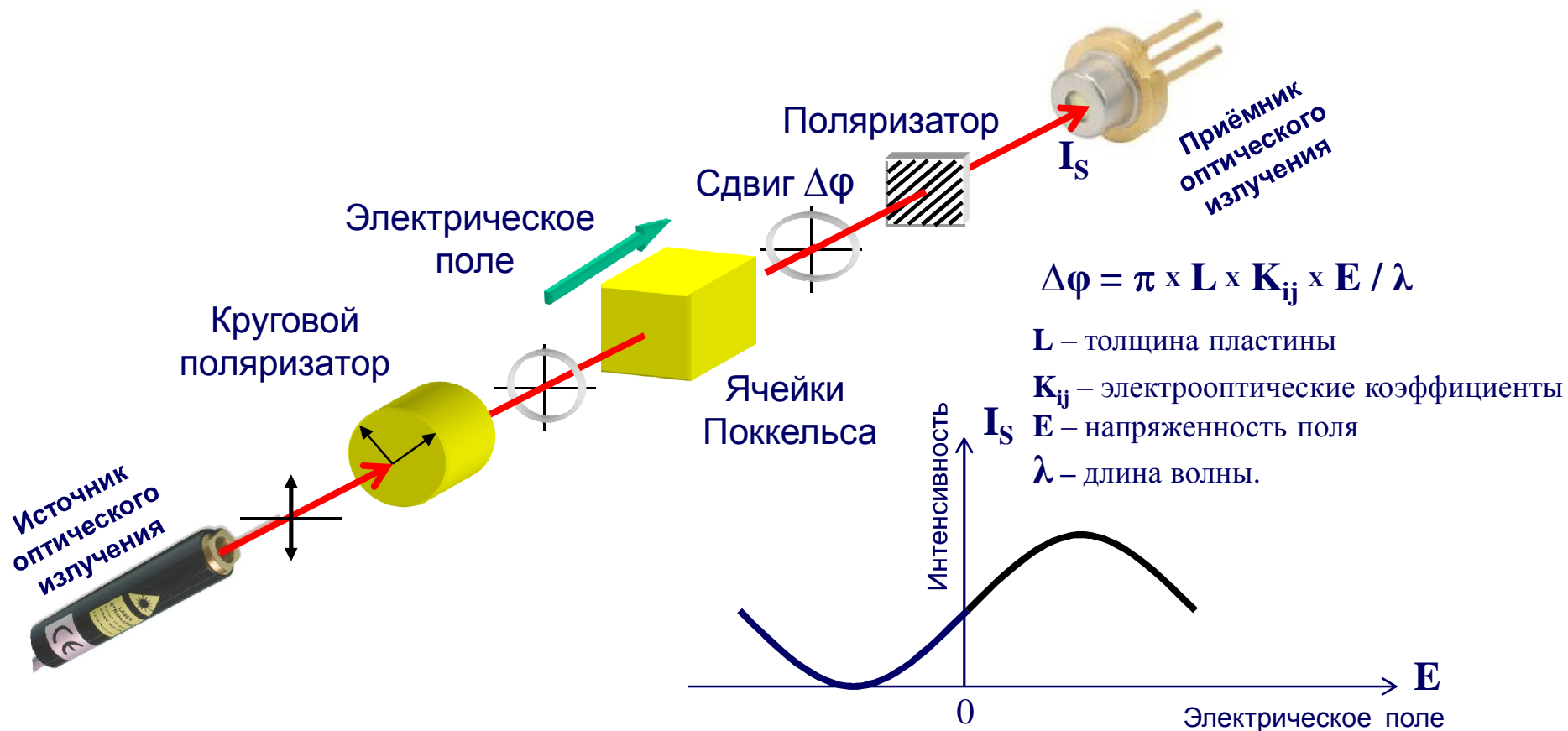


Измерение тока основано на принципе Фарадея с отражением световой волны в конце оптического волокна, что обеспечивает независимость выходного сигнала датчика от температурных воздействий и механических вибраций.

# Оптический измерительный датчик напряжения

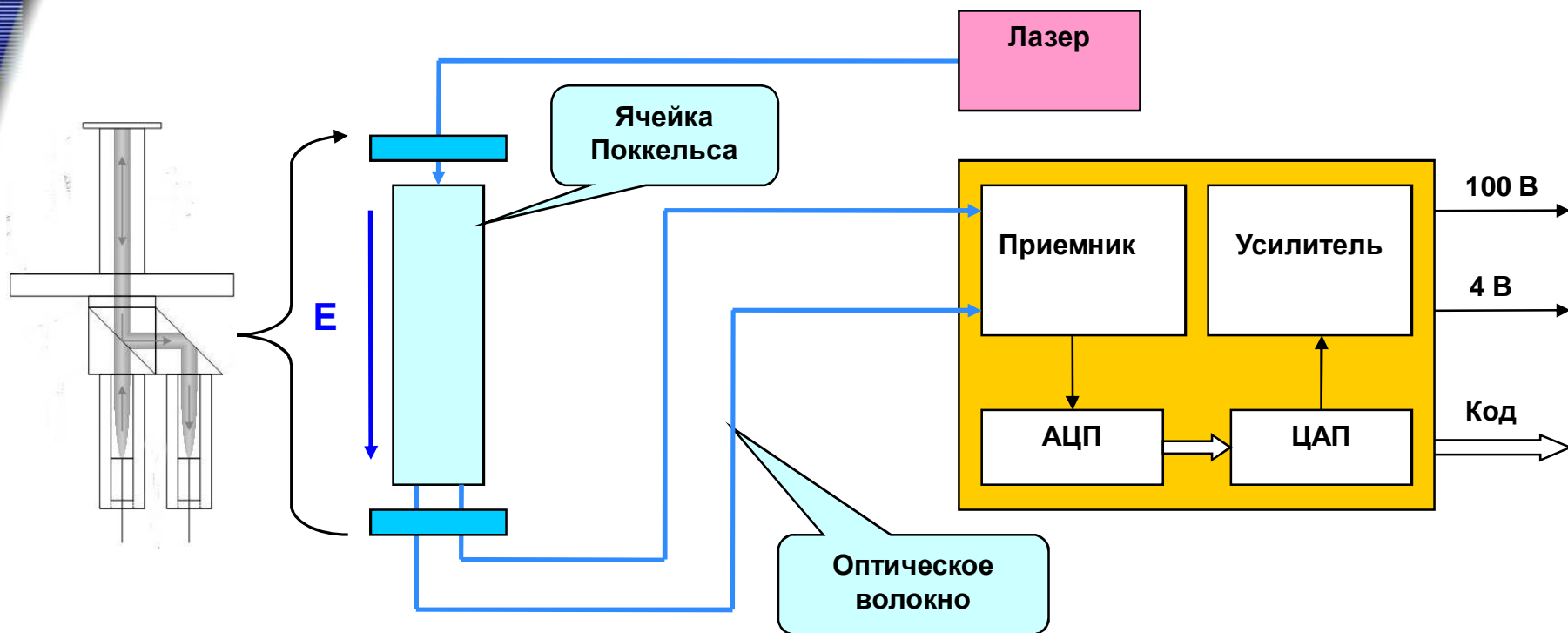
## Линейный электрооптический эффект Поккельса (1893 год)

- явление возникновения двойного лучепреломления в оптических средах при наложении постоянного или переменного электрического поля.



# Измерительный оптический трансформатор напряжения

## Функциональная схема оптического трансформатора напряжения



Измерение напряжения основано на измерении электрического поля ячейкой Погкельса с использованием двухканального метода, обеспечивающего устойчивость к колебаниям температуры, вибраций и изменению интенсивности света от лазерного источника.

# Оптические измерительные трансформаторы

Пролайн

## NXCT



Измерительные оптические трансформаторы тока

## NXVCT



Комбинированные измерительные оптические трансформаторы тока и напряжения

## NXCT-F3



Трансформаторы тока с размыкаемой оптической петлей



Комплект электроники



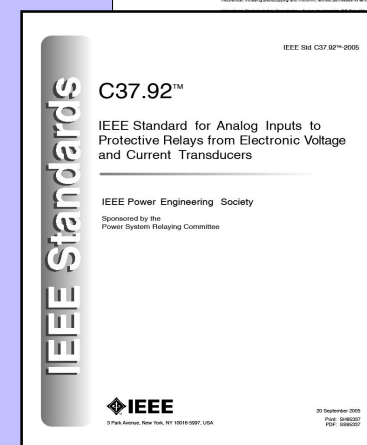
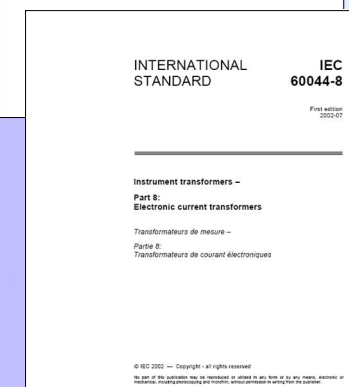
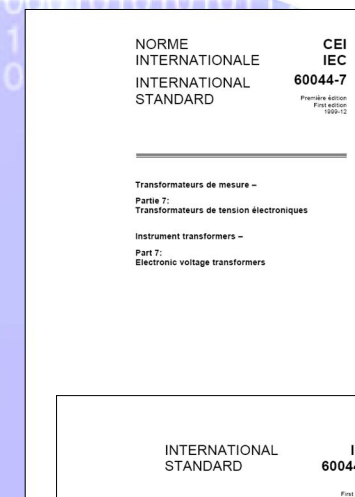
# Оптические измерительные трансформаторы

Оптические трансформаторы разработаны в соответствии со следующими основными стандартами:

- ❑ IEC 60044-1 (ГОСТ 7746) «Трансформаторы тока»;
- ❑ IEC 60044-2 (ГОСТ 1983) «Трансформаторы напряжения»;
- ❑ IEC 60044-7 «Электронные трансформаторы напряжения»;
- ❑ IEC 60044-8 «Электронные трансформаторы тока»;
- ❑ ГОСТ Р МЭК 61850 «Сети и системы связи на подстанциях»;

По отношению к традиционным трансформаторам введены дополнительные нормативы по:

- ❑ **Требованиям по измерению гармоник**
  - Расширены требования к числу контролируемых гармоник и пределам допускаемых амплитудных и угловых погрешностей;
  - Введены требования к точности измерения гармоник и субгармоник для приложений защиты;
- ❑ **Требованиям к аналоговым и цифровым интерфейсам**
  - Введены дополнительные интерфейсы передачи измерительной информации

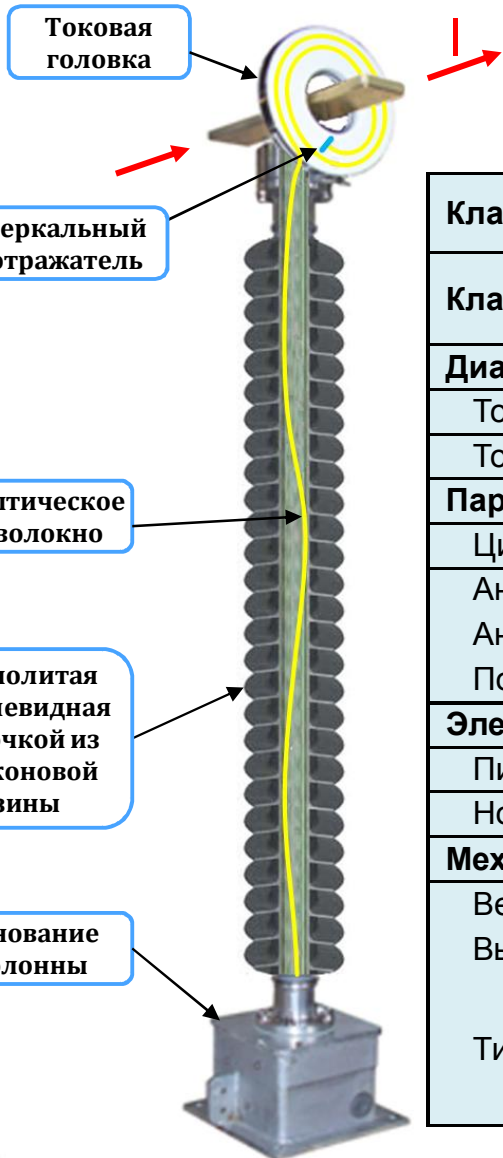




## Интерфейсы электронных оптических измерительных трансформаторов

- Аналоговые высокоуровневые в соответствии с уровнями сигналов традиционных трансформаторов:
  - ❑ Для измерения по току -  $1 A_{rms}$ ;
  - ❑ Для измерения по напряжению -  $110/\sqrt{3} V_{rms}$ ;
- Аналоговые низкоуровневые в соответствии со стандартами на электронные измерительные трансформаторы IEC 60044-7, IEC 60044-8 и IEEE C37.92 :
  - ❑ Для измерения по току и напряжению -  $4 V_{rms}$ ;
  - ❑ Для защиты по напряжению -  $4 V_{rms}$ ;
  - ❑ Для защиты по току -  $200 mV_{rms}$ ;
- Цифровой интерфейс в соответствии со стандартом IEC 61850-9-2
  - ❑ Ethernet 100Base-FX;
  - ❑ 80 отсчетов на период частоты (50 Гц) - 4000 Гц для защиты;
  - ❑ 256 отсчетов на период частоты (50 Гц) – 12800 Гц для измерения и контроля ПКЭ;
  - ❑ Разрядность передаваемых данных – 32 бита;

# Измерительный высоковольтный оптический трансформатор тока

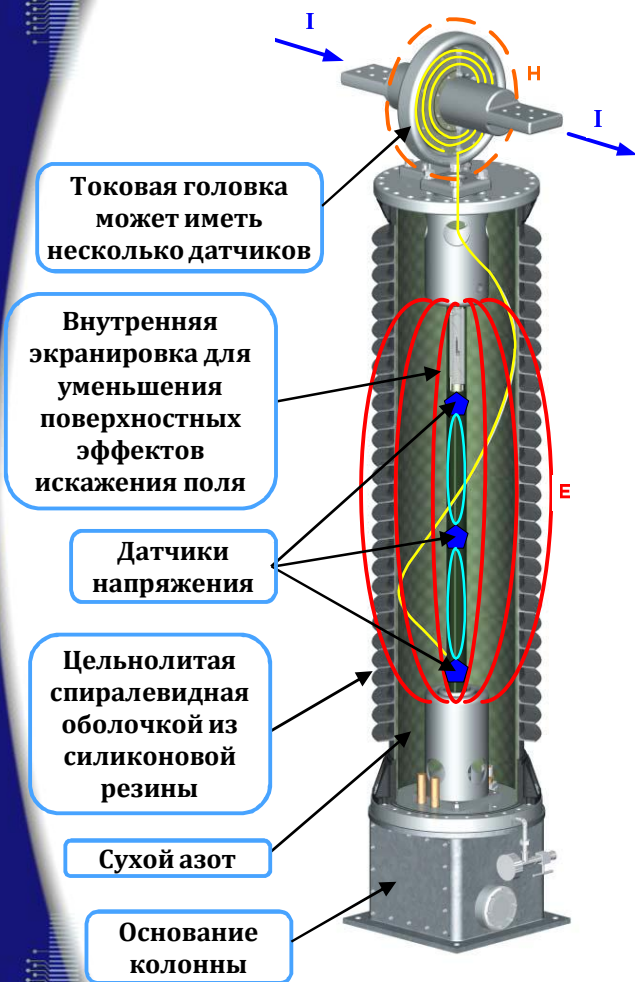


## Основные технические характеристики трансформатора NXCT

<b>Классы напряжения</b>	От 36 кВ до 1150 кВ AC От 25 кВ до 800 кВ DC
<b>Класс точности</b>	Класс 0.2S для измерения Класс 5P для защиты
<b>Диапазон номинальных токов</b>	100А ... 4000А
Ток термической стойкости (1 сек.)	63 кА
Ток электродинамической стойкости	170 кА
<b>Параметры интерфейсов:</b>	
Цифровой интерфейс	В соответствии с IEC 61850-8-1/9-2LE
Аналоговый LEA интерфейс	4 В измерение, 200 мВ защита
Аналоговый HEA интерфейс	1 А, 5А
Полоса пропускания	от 10 Гц до 6 кГц (расш. до 20 кГц)
<b>Электрические параметры:</b>	
Питание электронного блока	от 70 до 150 В постоянного тока
Номинальная мощность	50 Вт
<b>Механические параметры:</b>	
Вес	49 – 95 кг
Высота	1,5 – 6,3 м
Тип изолятора	Композитный изолятор сухого типа с защитной цельнолитой оболочкой из силиконовой резины. Производитель – «MacLean Power Systems»

# Измерительный высоковольтный оптический трансформатор напряжения и тока

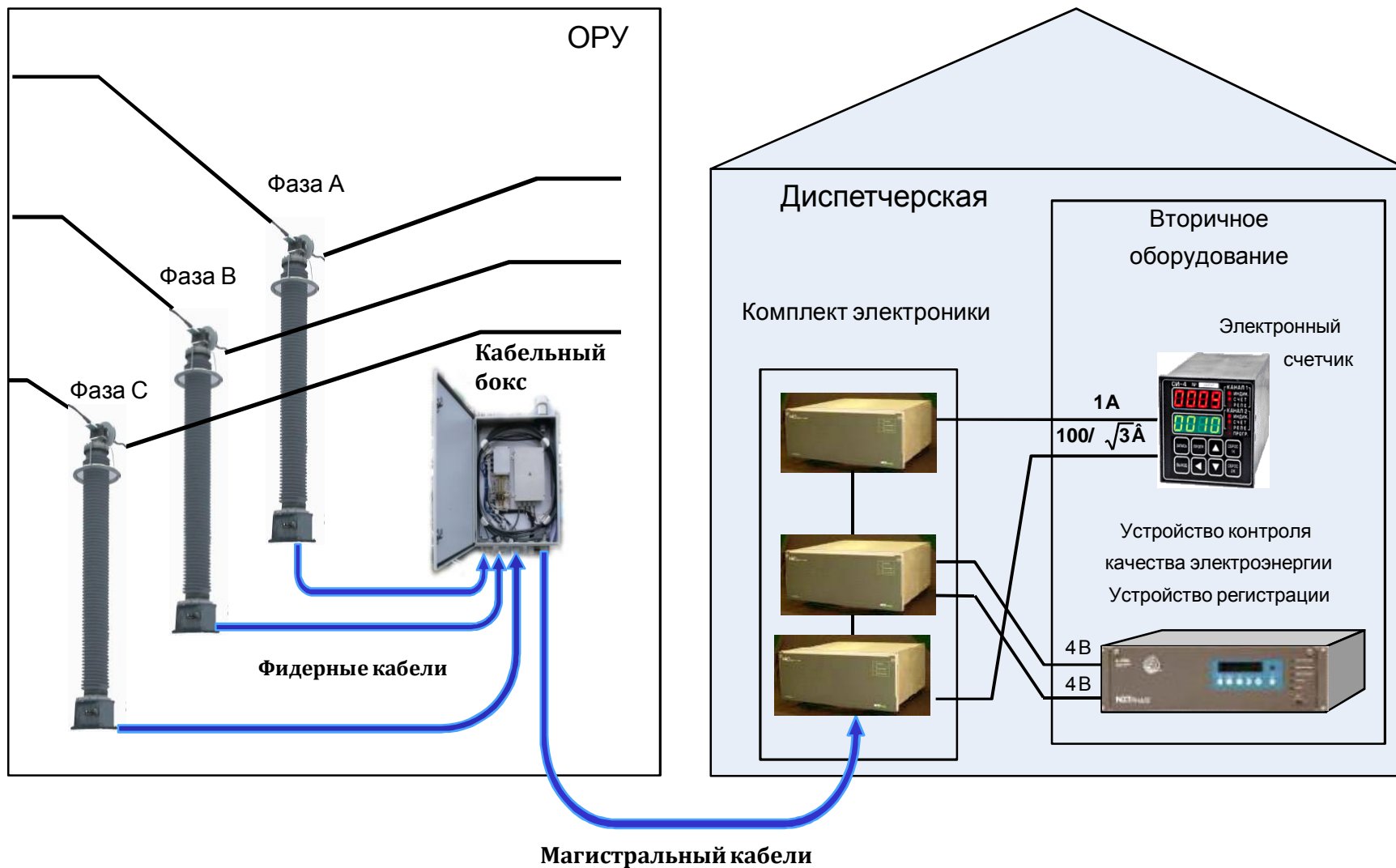
## Основные технические характеристики комбинированного трансформатора NXVCT



	Ток	Напряжение
<b>Классы напряжения</b>	100A ... 4000A	От 110 кВ до 800 кВ
<b>Класс точности:</b> Для измерений Для защиты	Класс 0.2S	Класс 0.2
	Класс 5P20	
<b>Номинальные значения первичных параметров</b>	от 1% до 200%	от 50% до 200%
<b>Параметры интерфейсов:</b>		
Цифровой интерфейс	В соответствии со стандартам IEC 61850-9-2	
Аналоговый LEA интерфейс	4 В измерение	4 В измерение и защита
Аналоговый HEA интерфейс	200 мВ защита	
Ширина полосы пропускания	1 А	100/√3 В
	от 10 Гц до 6 кГц	от 30 Гц до 5 кГц
<b>Электрические параметры:</b>		
Питание электронного блока	от 70 до 150 В постоянного тока	
Номинальная мощность	135 Вт	
<b>Механические параметры:</b>		
Вес	180 – 780 кг	
Изоляция	Азот - 2 атм.	
Тип изолятора	Композитный изолятор с защитной цельнолитой спиралевидной оболочкой из силиконовой резины.	

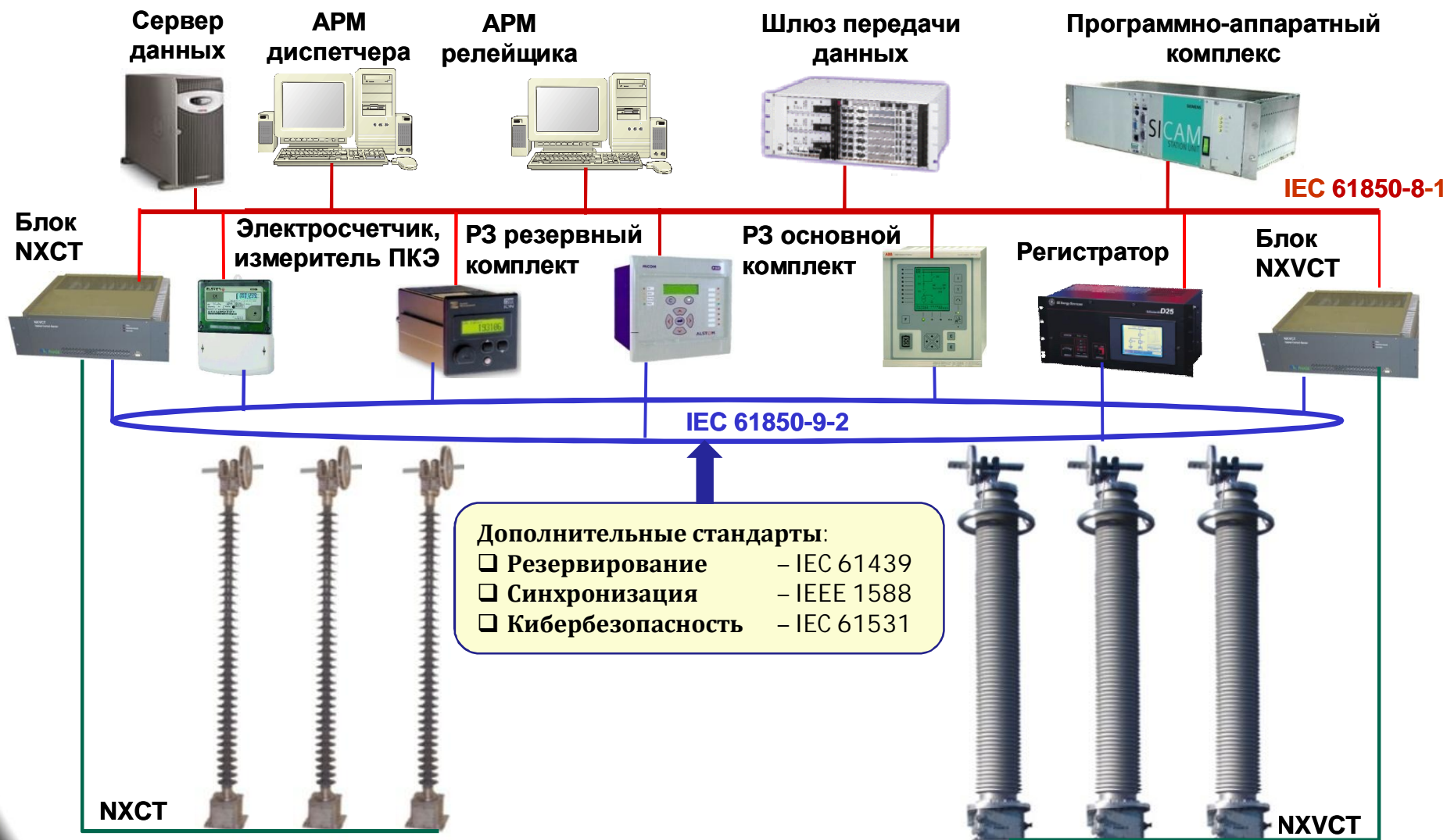


# Схема подключения оптических трансформаторов



# Решения на базе оптических трансформаторов

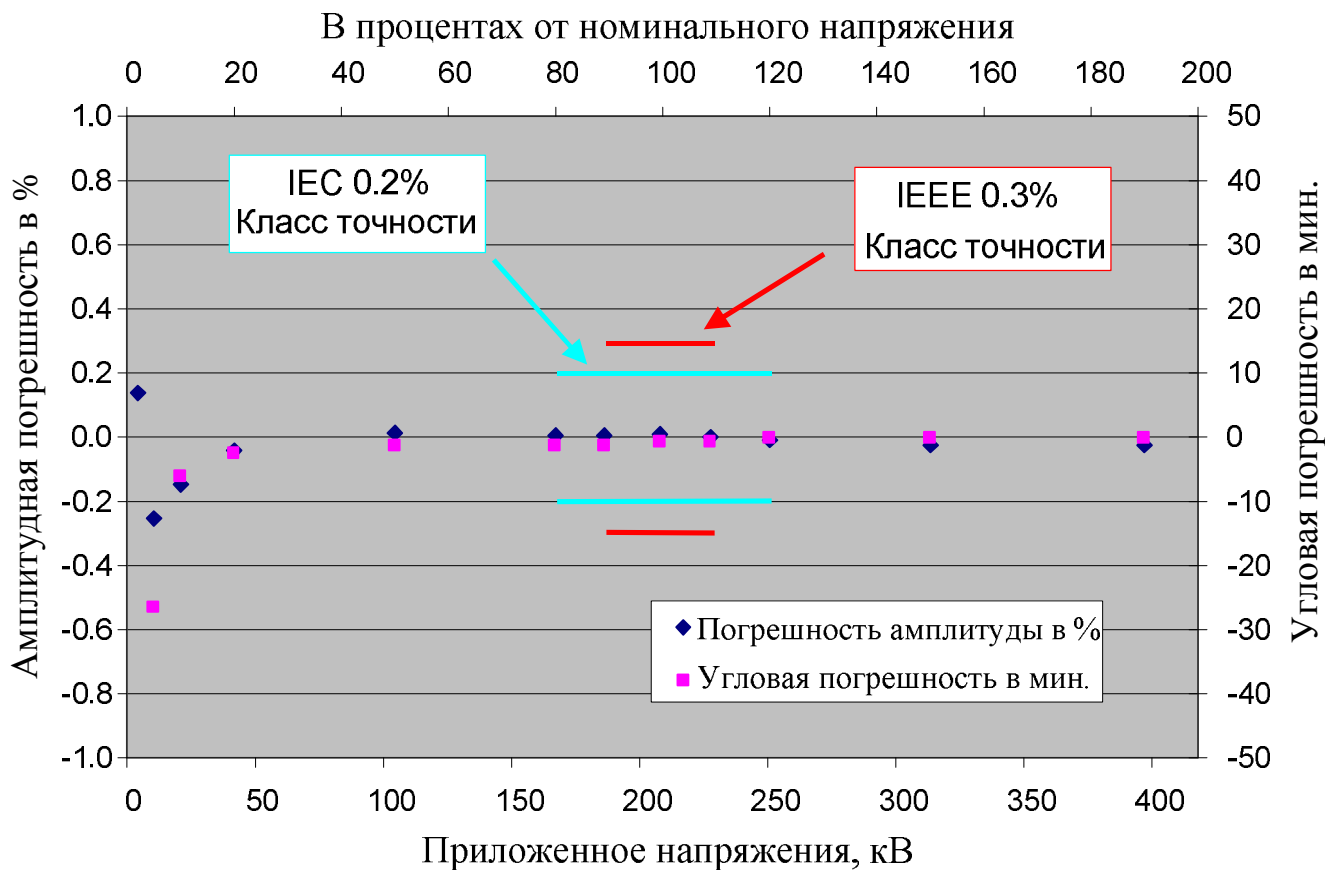
## ГОСТ Р МЭК 61850-3-2005. Сети и системы связи в подстанциях. Архитектура цифровой подстанции



# Преимущества оптических трансформаторов

## Широкий динамический диапазон трансформаторов напряжения

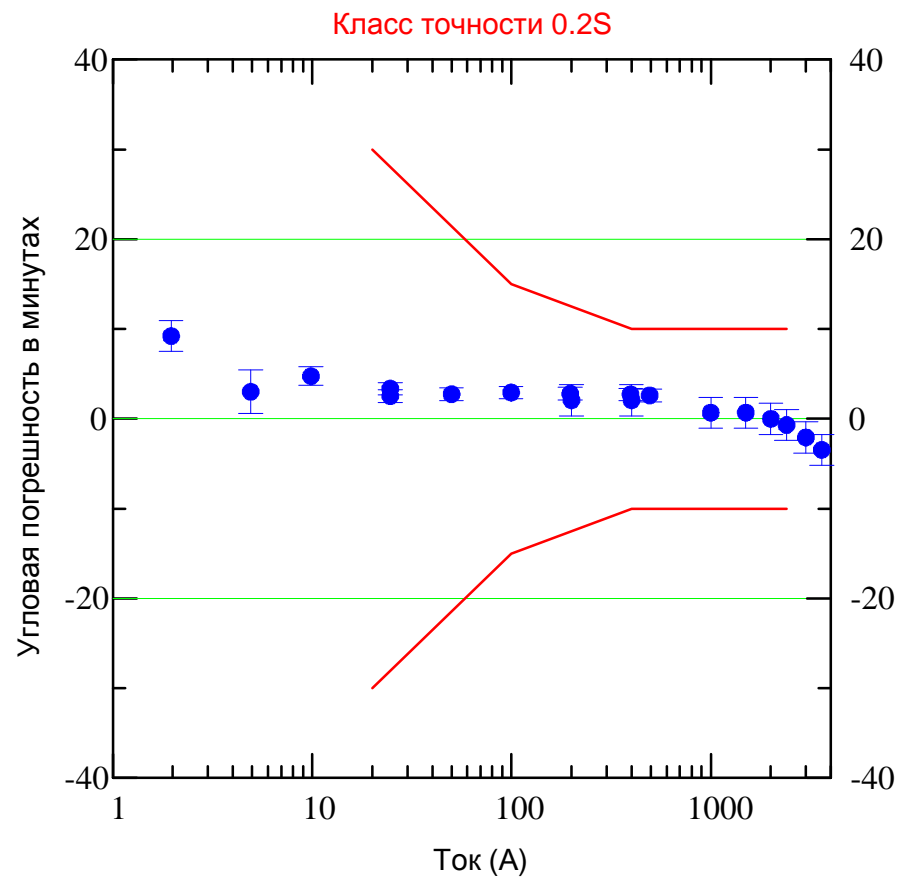
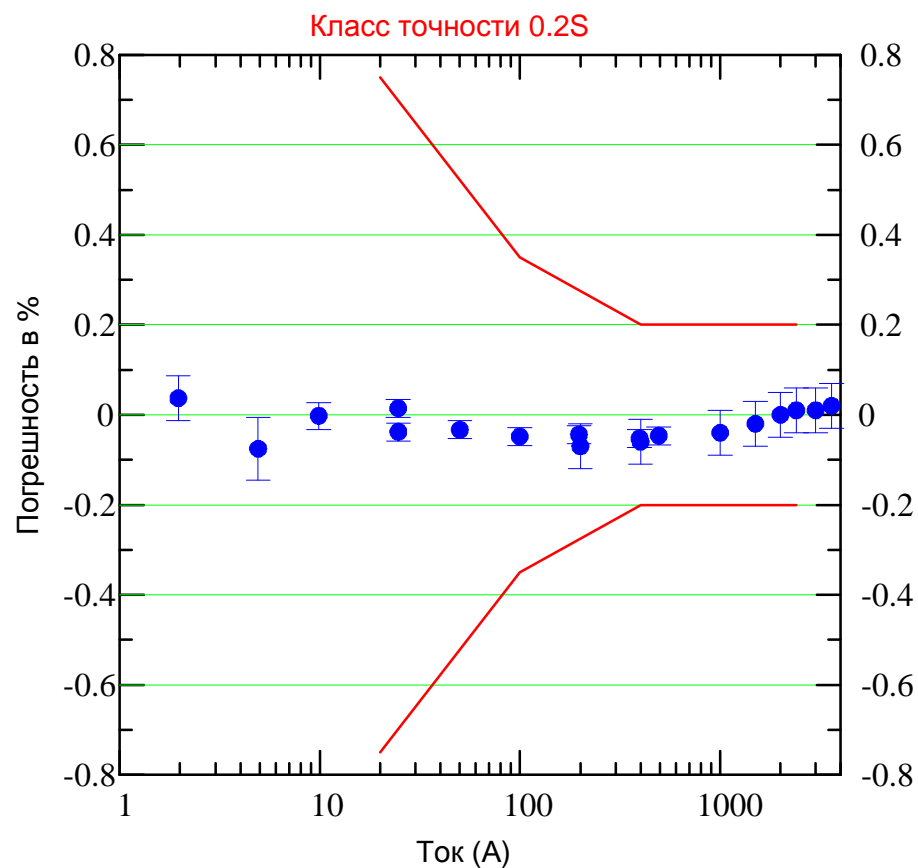
### График погрешностей оптического трансформатора напряжения





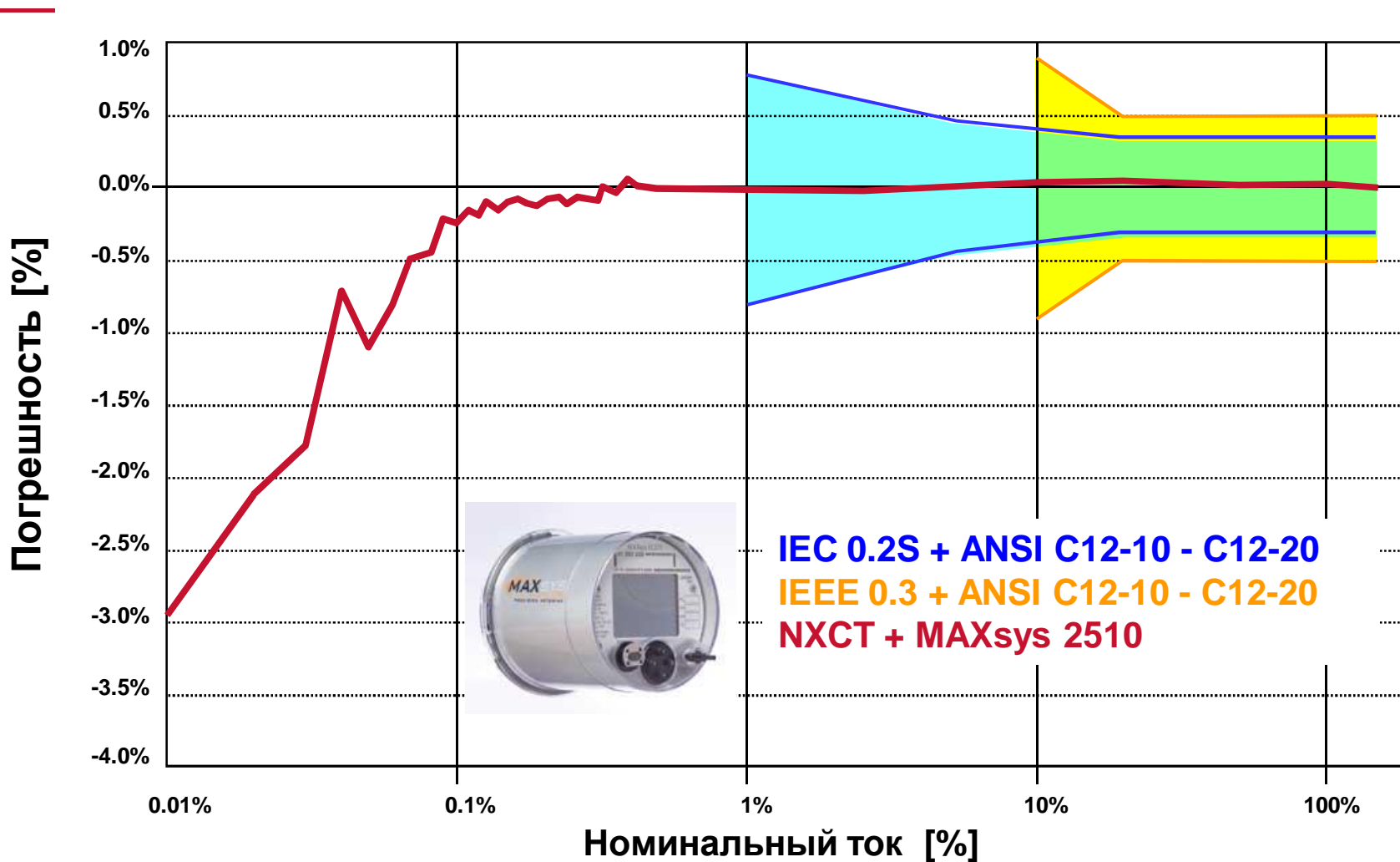
# Преимущества оптических трансформаторов

## Улучшенные точностные характеристики оптических трансформаторов тока



# Преимущества оптических трансформаторов

## Точностные характеристики ИИК коммерческого учета электроэнергии



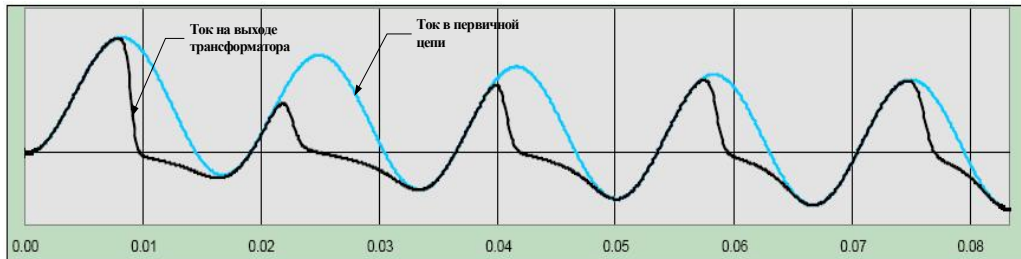
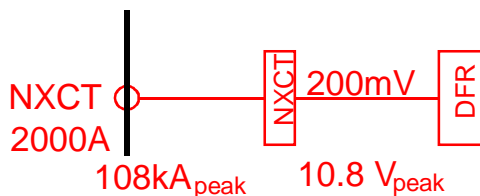
**Исключительная точность, находящаяся далеко за пределами требований стандартов, позволяет сократить номенклатуру оборудования**

# Преимущества оптических трансформаторов

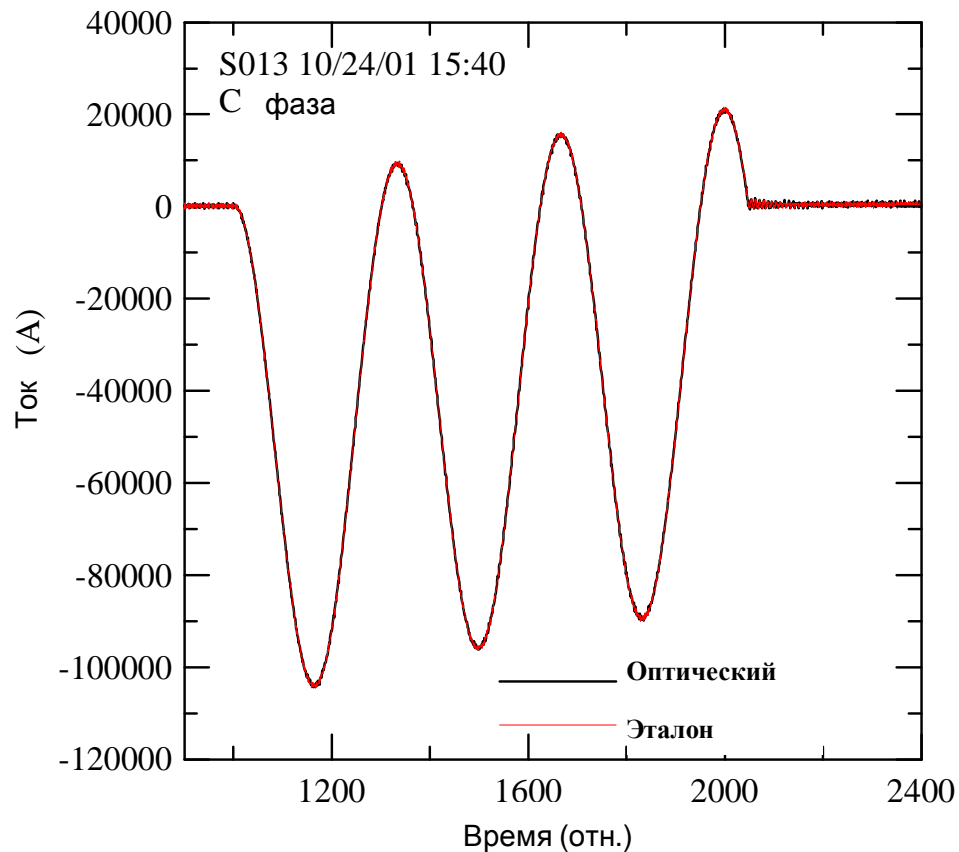
## Точное воспроизведение формы тока при коротком замыкании

Оптический датчик трансформатора, испытанный с максимальной положительной аperiodической составляющей, обеспечивает линейность в сравнении с точным резистивным шунтом, лучше чем 2 %.

- ❑ 2000 А номинальный ток
- ❑ 108 кА (40 кА<sub>RMS</sub>) пиковое значение
- ❑ 200 мV номинальный вторичный уровень



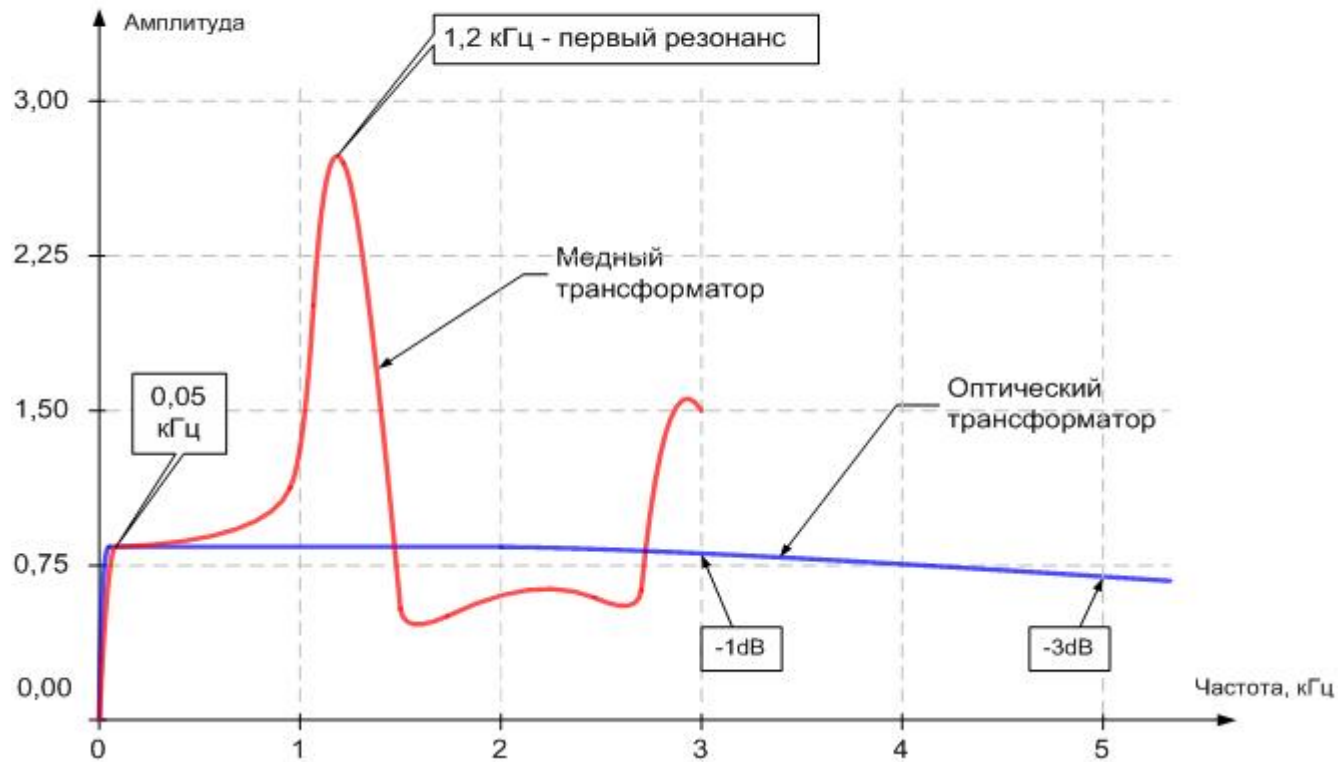
Выходной сигнал традиционного измерительного трансформатора в сравнении с током в первичной цепи





## Расширенная полоса пропускания

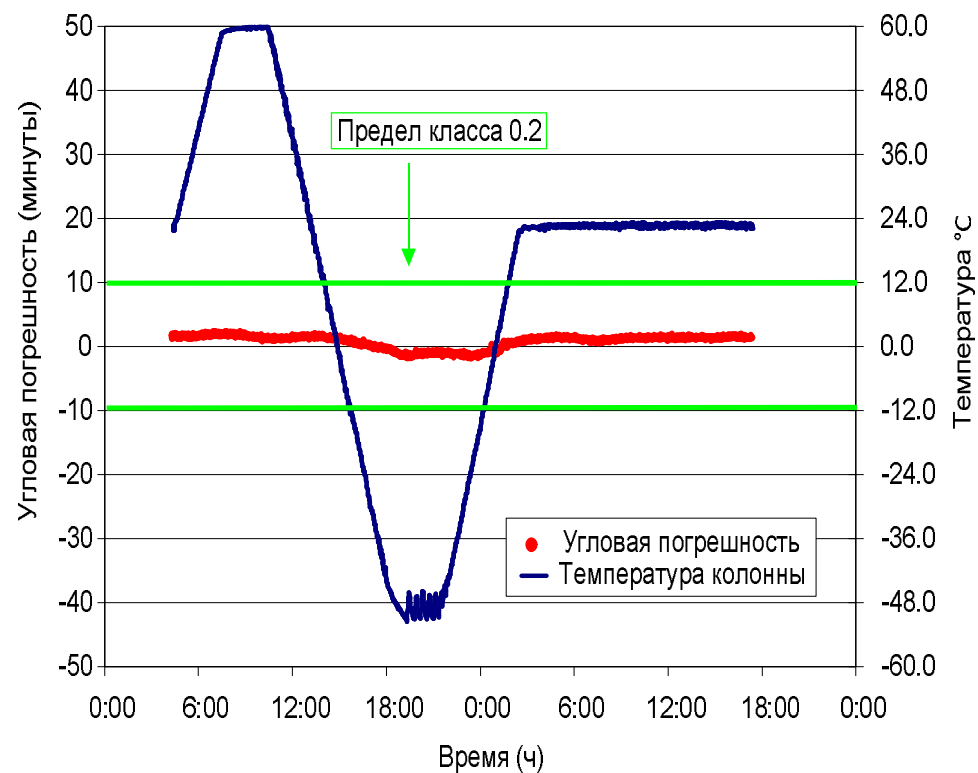
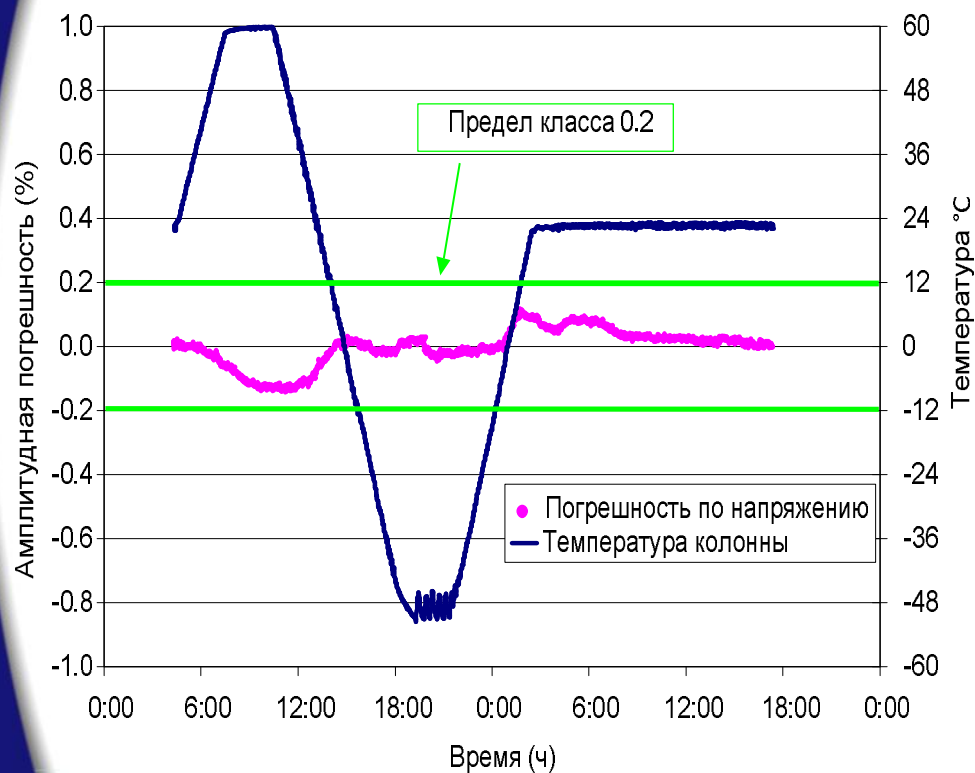
Амплитудно-частотная характеристика трансформаторов напряжения  
(результаты моделирования)



## Сохранение точности при внешних климатических воздействиях

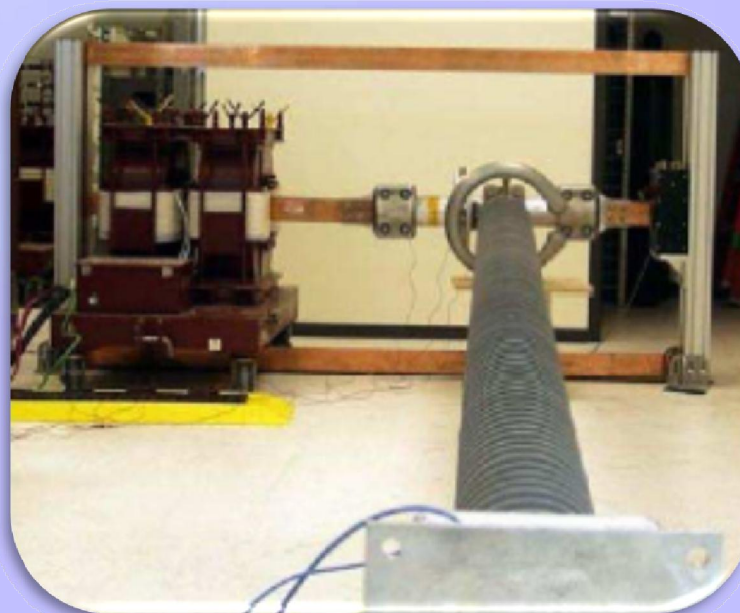


## Влияние температуры на точностные характеристики





## Сохранение точности при внешних воздействиях





# Настраиваемый масштабный коэффициент

## Изменение коэффициента трансформации

Optical Sensor Control Panel

File View Tools Help

← →

Summary  
Configuration  
System  
Current Sensor 1  
Current Sensor 2  
Current Sensor 3  
Voltage Sensor 1  
Voltage Sensor 2  
Voltage Sensor 3  
Maintenance  
System  
Current Sensor 1  
Current Sensor 2  
Current Sensor 3  
Voltage Sensor 1  
Voltage Sensor 2  
Voltage Sensor 3  
Service

General Output 1 Output 2

Type: High-Energy Analog (HEA) [v]  
Application: Metering [v]  
Zero Primary Current Threshold (A): 0.15 [v]

Turns Ratio: 1000 : 1 [v] [v] Recalculate [b]  
Rated Primary Current: 1000 A [v]  
Rated Secondary Voltage LEA: 4000 mV [v]  
Rated Secondary Current HEA: 1 A [v]  
Fiber Turns: 20 [v]  
Sensitivity: 50,000 A / Turn [v]

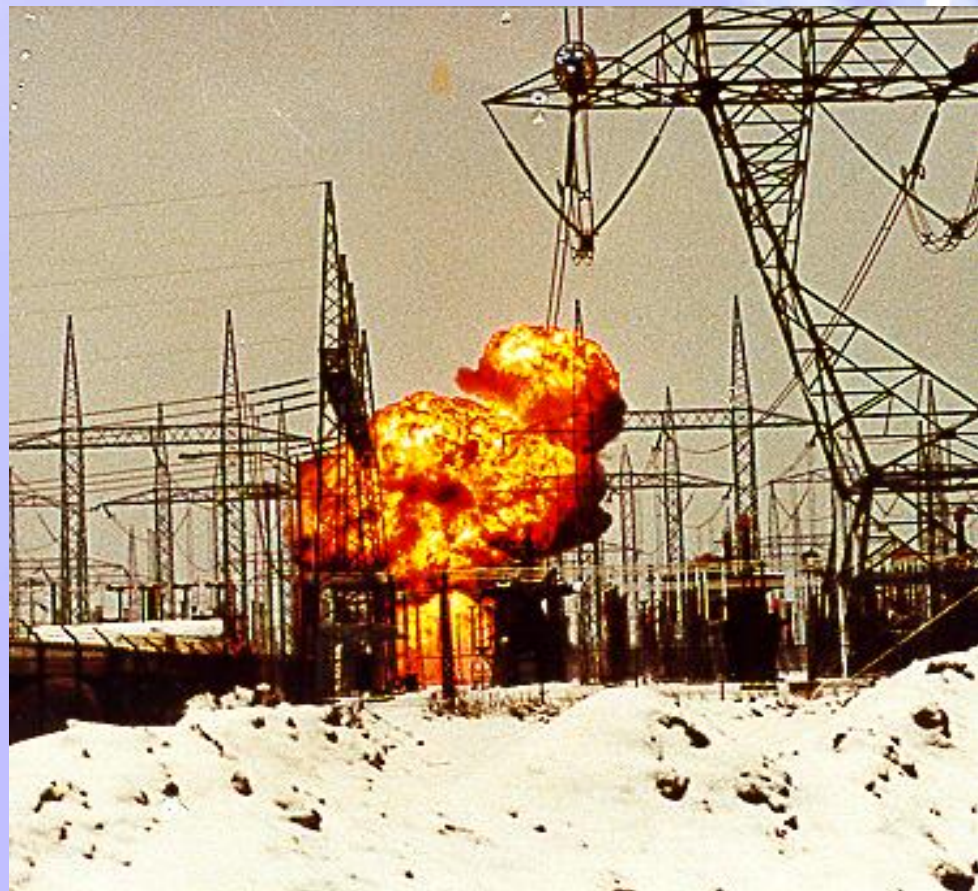
Max Measurable Peak Current LEA: 2825.0 A  
Max Measurable Peak Current HEA: 2120.0 A

Apply [b]  
Discard [b]  
Print... [b]

System: NVCT-500kV Connected DI: ● MR: ● System Time: May. 31, 06 13:21:27 (Pacific Daylight Time)

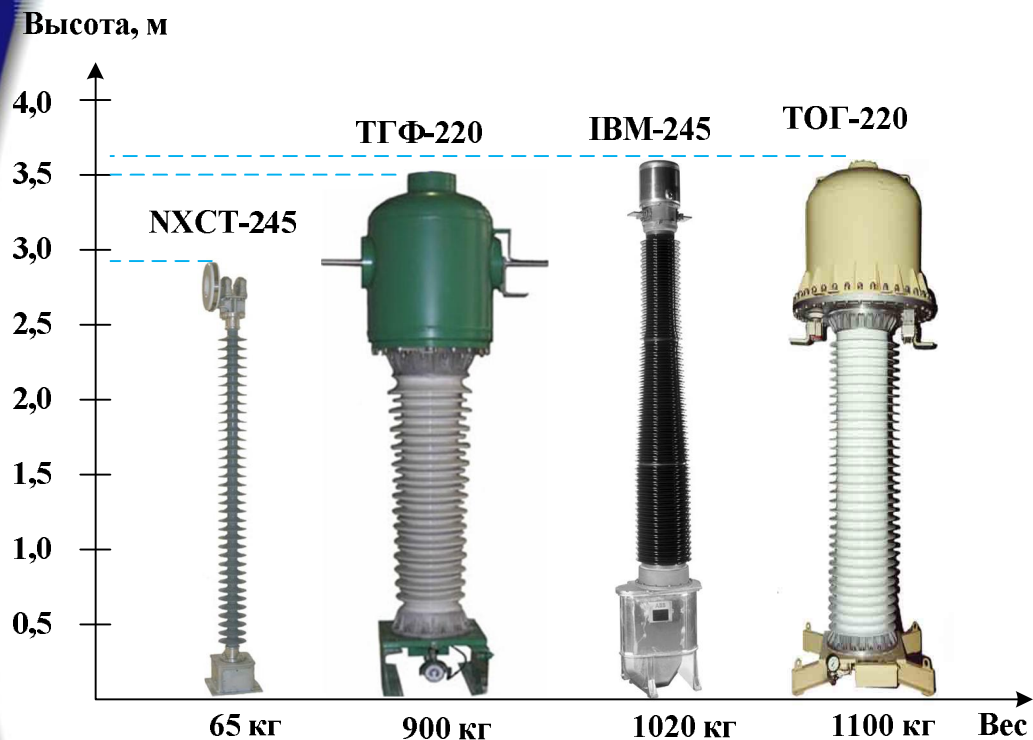
## Безопасность и экологическая чистота

- **Повышенная безопасность вследствие отсутствия масла и элегаза;**
- **Отсутствие феррорезонанса;**
- **Нет опасности размыкания вторичных цепей тока;**
- **Высокая вандалостойкость и стойкость к загрязненности полимерного изолятора**
- **Легкая утилизация**



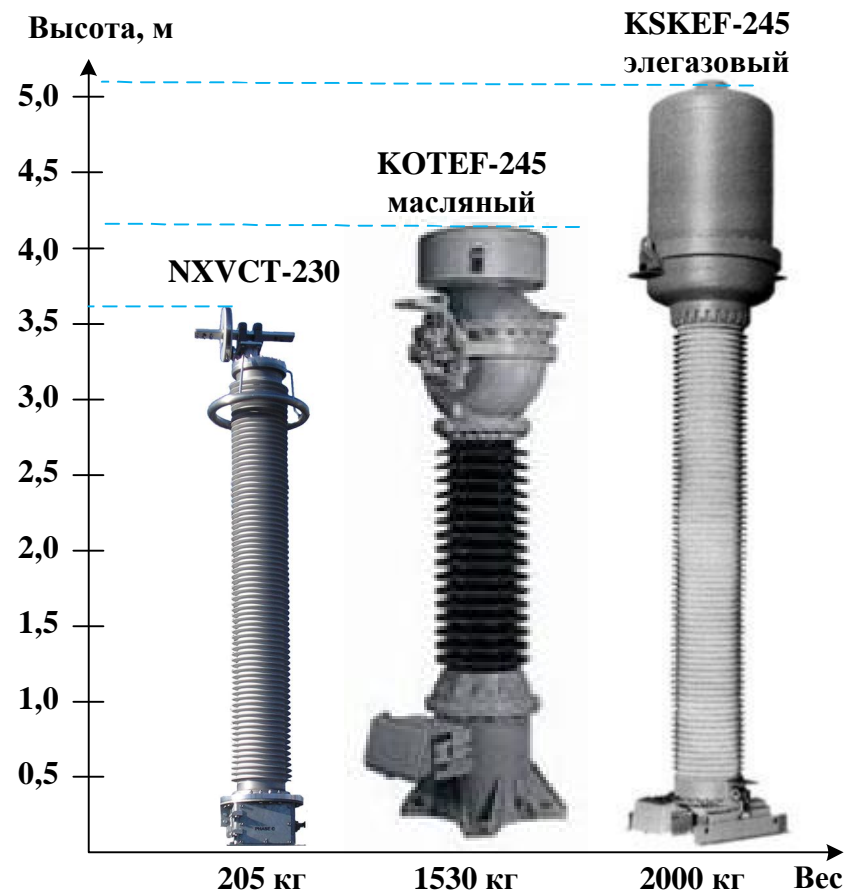
# Преимущества оптических трансформаторов

## Малые габариты и вес



**Трансформаторы тока**

1. Вес составляет 10% от веса традиционных измерительных трансформаторов
2. Уменьшение фундаментов и стальной арматуры



**Трансформаторы напряжения**

3. Уменьшение необходимых площадей
4. Низкая восприимчивость к вибрации и повышенная сейсмостойкость



## Коммерческий учет и контроль ПКЭ

Комбинированный измерительный оптический трансформатор тока и напряжения - готовое комплектное решение для задач учета электроэнергии.



Линейность амплитудно-частотной характеристики позволяет осуществить контроль ПКЭ с возможностью оценки до 100 гармонических составляющих



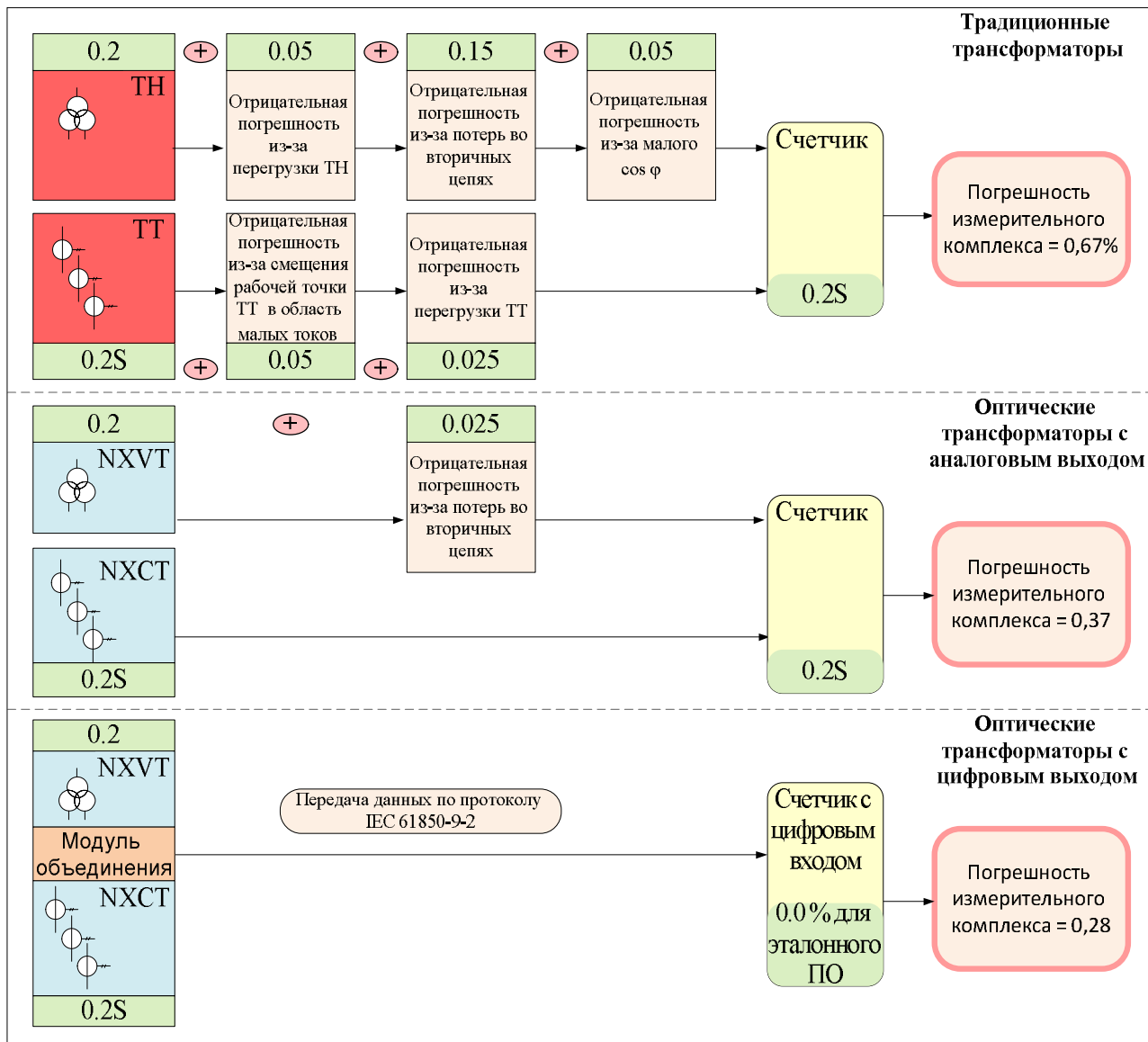
# Преимущества оптических трансформаторов

## Уменьшение суммарной погрешности измерительных комплексов

**Традиционная схема построения информационно-измерительных комплексов**

**Схема построения на базе оптических трансформаторов с аналоговыми выходами**

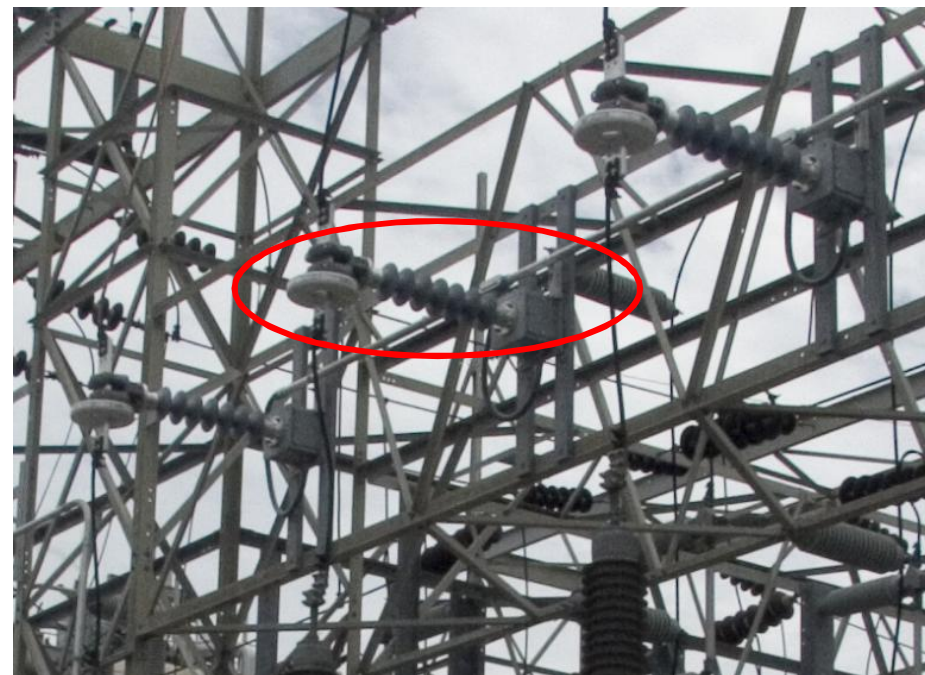
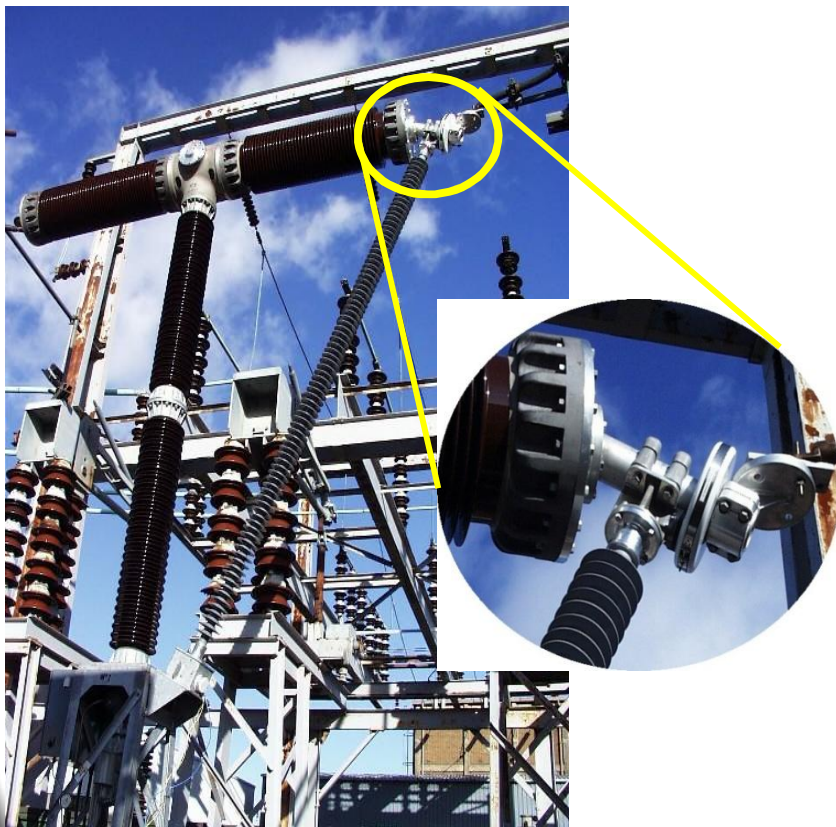
**Схема построения на базе оптических трансформаторов с цифровым выходом**



# Преимущества оптических трансформаторов

## Простота инсталляции в условиях ограниченного пространства

▶ Оптические трансформаторы могут монтироваться в вертикальном, горизонтальном и наклонном положении на существующих конструкциях порталов, выключателей и силовых трансформаторов.

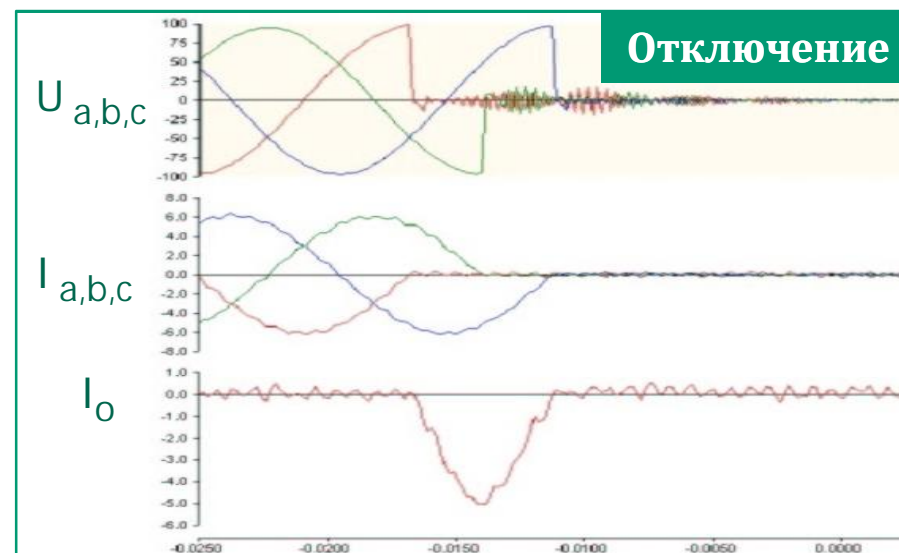
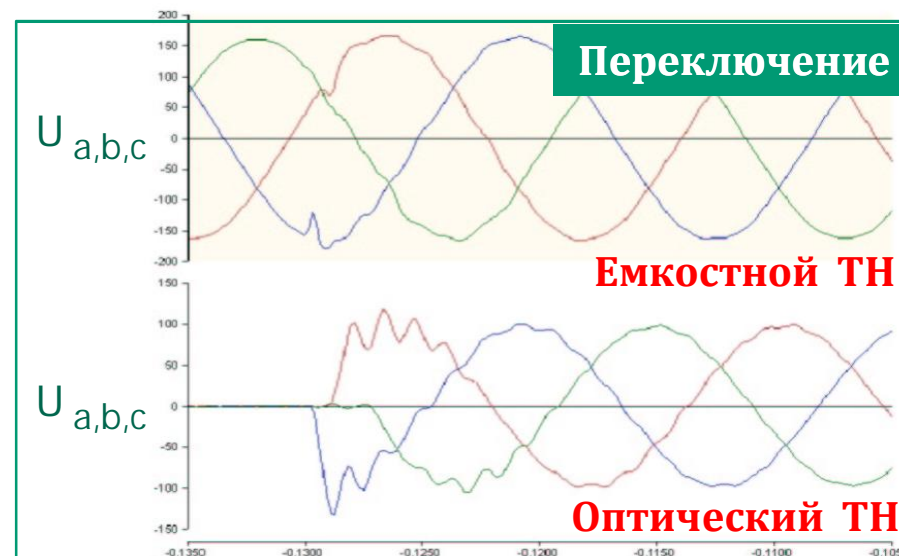


- ▶ Компактность трансформаторов позволяют устанавливать их в условиях, недопустимых для обычных трансформаторов;
- ▶ Нечувствительность к внешним электромагнитным полям не требует проведения анализа взаимного расположения шин;
- ▶ Небольшой вес позволяет проводить монтаж без использования кранов.



## Статические компенсаторы реактивной мощности

Коммутация емкостных и индуктивных нагрузок



## Конденсаторные установки для компенсации реактивной мощности

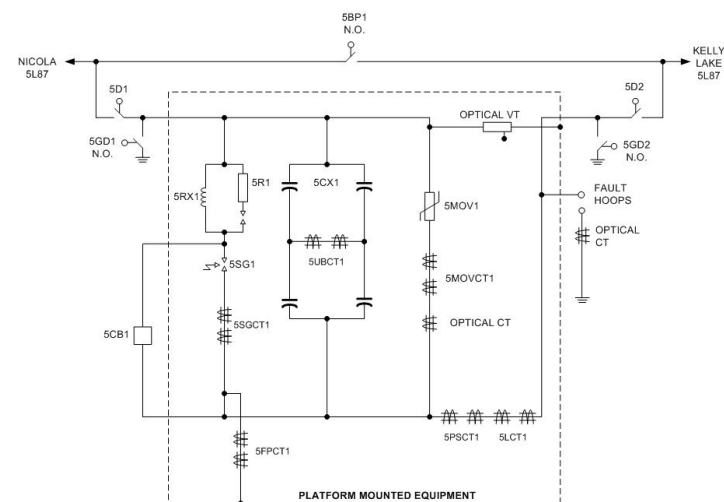


Calgary, Alberta



Guichon, BC, Канада

- ▶ **Использование оптических ТТ и ТН обусловлено:**
  - ◆ Широкой полосой пропускания;
  - ◆ Расширенным диапазоном токов (10 А - 12000 А);
  - ◆ Повышенной безопасностью:
    - пассивная оптическая изоляция от высокого напряжения;
  - ◆ Устойчивостью к электромагнитным помехам ;
  - ◆ Простотой установки.





## Применение трансформатора тока NXST-F3 на передвижных подстанциях



► Portland General Electric

- ◆ Защита - 200 мВ
- ◆ от -40 °С до +50 °С
- ◆ Класс - IEC / 5P

# Решения на базе оптических трансформаторов

## Применение НХСТ в линиях электропередач постоянного тока



### ► Hydro Quebec, Канада

- ◆ 69 кВ
- ◆ 800 A<sub>DC</sub>: 1 В
- ◆ от - 40 до +50 °С
- ◆ DC – 10 кГц

### ► Bonneville Power Authority, США

- ◆ 69 кВ
- ◆ 3000 A<sub>DC</sub>: 4 В
- ◆ от - 40 до +50 °С
- ◆ DC – 6 кГц

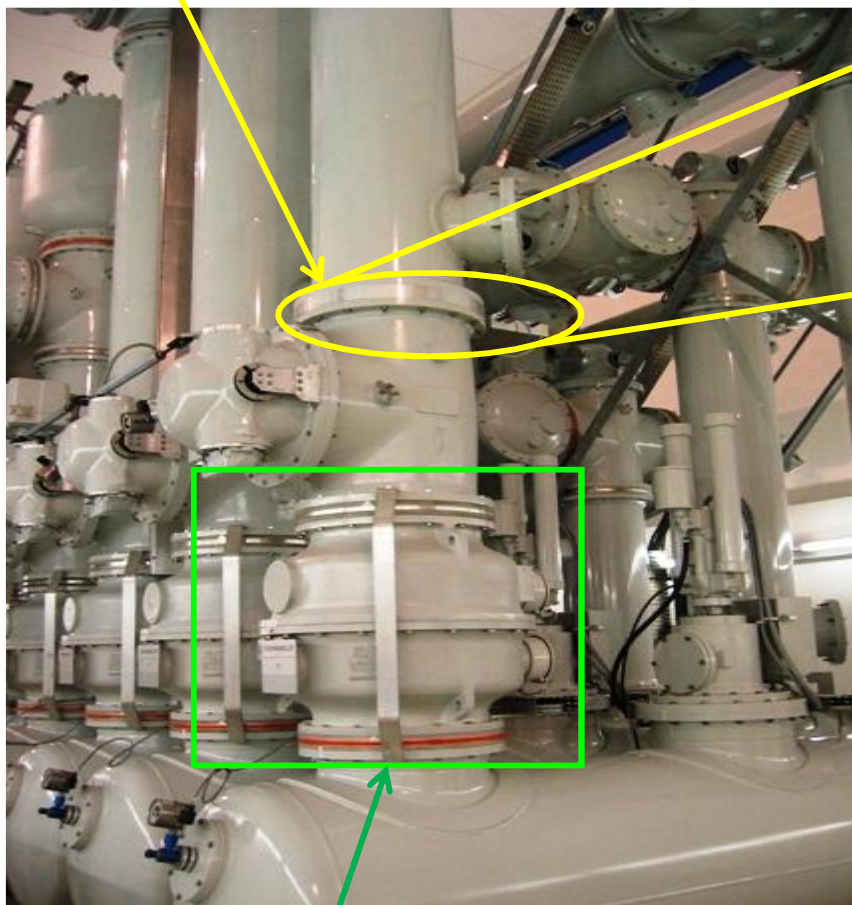




# Решения на базе оптических трансформаторов

## Подстанции с газовой изоляцией

НХСТ



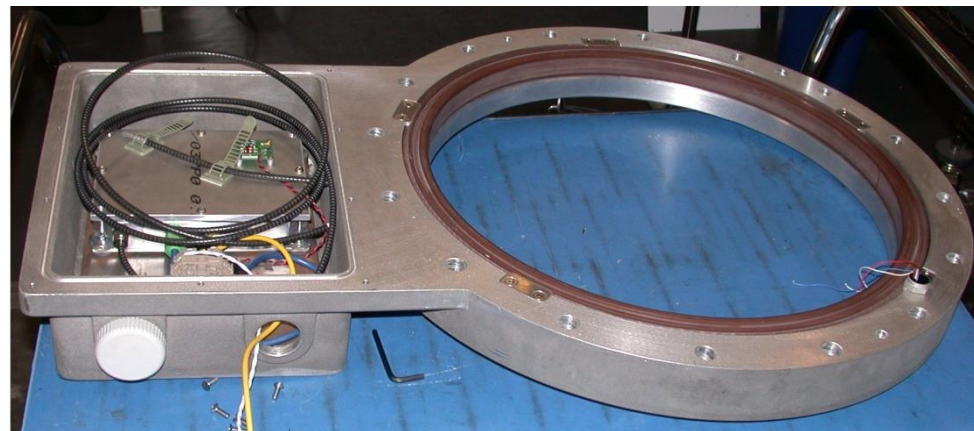
Традиционный ТТ

► GIS-NXCT-420 Wienstrom, Австрия



► Siemens GIS, США – 36 систем

- ◆ 3000 А : 200 мВ
- ◆ от -40 до +50 °С





## Решения на базе оптических трансформаторов

Смонтированная на прицепе передвижная поверочная установка  
для класса напряжений 110 кВ, 220 кВ и 500 кВ



Гидравлика для поднятия и наклона с  
пантографной передачей



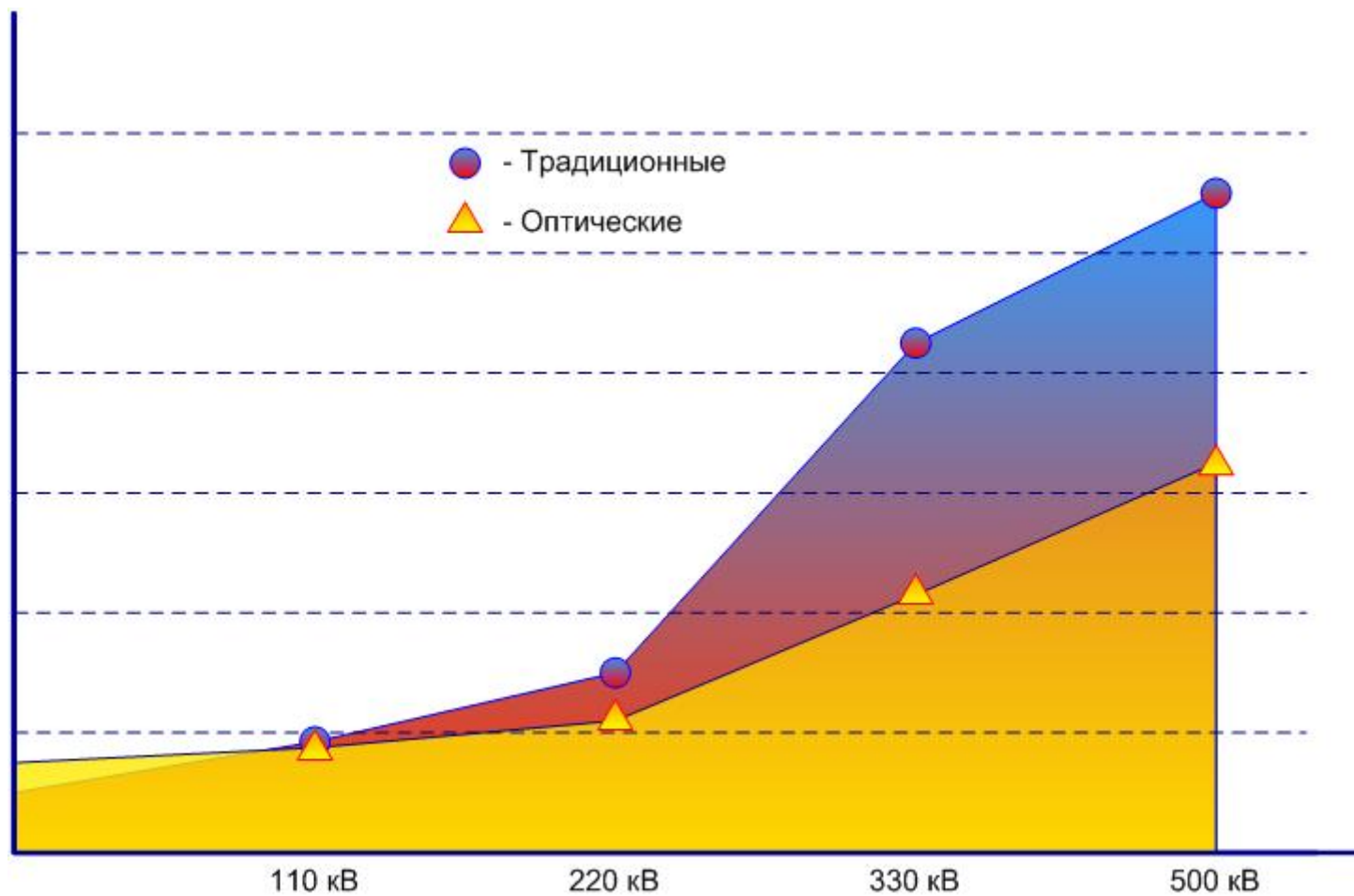
## Вопросы сертификации



**Вся линейка поставляемой продукции сертифицирована и внесена в Реестр средств измерений Российской Федерации.**



# Сравнение затрат на организацию точки учёта





# IEC 61850 - глобальное решение для систем автоматизации подстанций

## Пилотные проекты с IEC 61850



# Оптические трансформаторы Инсталляции в России

Пролайн





## **Измерительные оптические трансформаторы тока и напряжения**

**Спасибо за внимание**