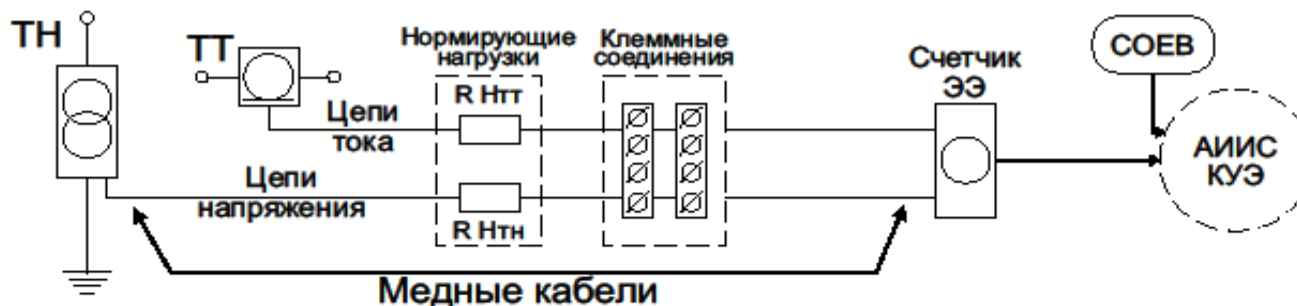


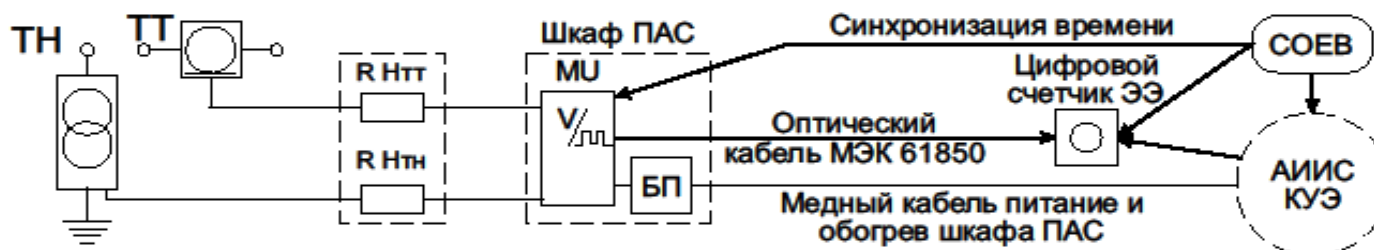


**Метрологические  
характеристики и  
преимущества применения  
оптических трансформаторов  
для систем коммерческого  
учета электроэнергии**

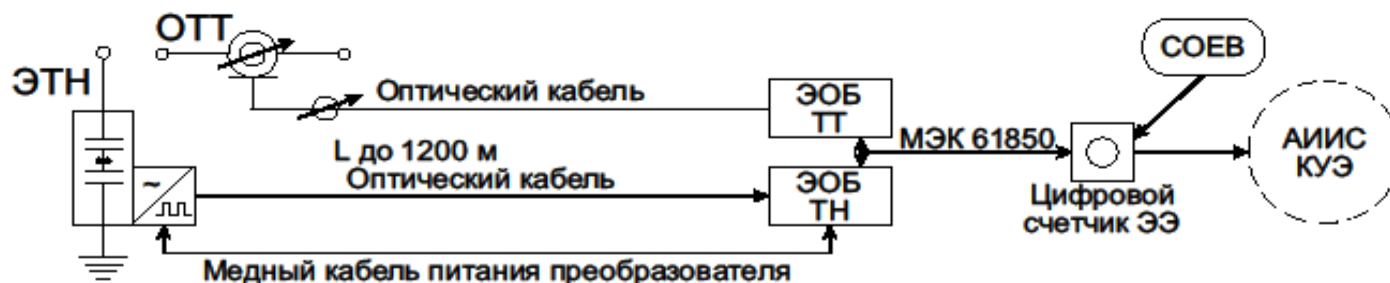
# Варианты реализации ИИК



ОБЩАЯ ПОГРЕШНОСТЬ ИИК 2,2%-5%



ОБЩАЯ ПОГРЕШНОСТЬ ИИК  $\geq 1,5\%$



ОБЩАЯ ПОГРЕШНОСТЬ ИИК  $< 0,6\%$

Погрешности аналоговых систем являются фундаментальными и не могут быть сведены к крайне малым значениям в силу физических процессов в них: вторичные цепи имеют сопротивление, емкость и индуктивность, электронный счетчик содержит внутри свой «эталон» тока и напряжения, выполняет функции пересчета аналоговых величин.

У цифровых систем измерений нет большинства факторов, вносящих погрешности в тракт измерения.

1. - ОТТ не используют ферромагнетики в составе сердечников, не перемагничиваются и обладают огромной линейностью характеристик.
2. - У ЭТН и ОТТ нет вторичных цепей.
3. - В прибор учета поступают уже поименованные величины.
4. - Цифровой счетчик не выполняет измерений, он просто выполняет алгебраические вычисления, точность которых зависит от внутренней разрядности числовых значений, погрешность которых определяется 5-6 разрядами значащих чисел, после запятой.
5. – Точность синхронизации времени у цифровых систем существенно выше – 1 мСек (у аналоговых 5 секунд).

## Преимущества применения цифровых оптических трансформаторов тока и напряжения в системах коммерческого учета электроэнергии

В соответствии с требованиями ГОСТ 7746-2015; ГОСТ 1983-2001; МИ 3021-2006 и СТО 70238421.17.220.20.002-2011-СТО ПАО ФСК ЕЭС вторичная нагрузка измерительных трансформаторов должна находиться в пределах 25% -100% от номинальной. Несоответствие данным требованиям вызывает увеличение погрешности измерений и приводит к искажениям фактических величин отпущенной/потребленной или выработанной электроэнергии.

В настоящее время абсолютное большинство систем коммерческого учета электроэнергии построено с использованием аналоговых ТТ, ТН, вторичных цепей и электронных счетчиков. Каждый из этих элементов вносит свой вклад в общую погрешность измерения, которая может быть довольно существенной. Так например величина остаточной намагниченности ТТ может составлять до 30%, недогрузка или перегрузка вторичных цепей ТТ и ТН может быть очень существенной.

В случае применения аналоговых систем: ТТ с классом 0,2S, ТН класса 0,2 и счетчика класса 0,2S погрешность ИИК составит +/- 2,2%.

Погрешность цифрового ИИК, при тех же параметрах, составит не более +/- 0,6%.

Приведенные выше особенности цифровых систем учета позволяют с уверенностью говорить не только об их технических преимуществах, но и получении существенной финансовой экономии от их применения.

Так, по нашим оценкам, крупные потребители электроэнергии могут получить экономию от применения цифровых систем коммерческого учета до нескольких миллионов рублей в месяц (зависит от объемов и цены покупки электроэнергии).

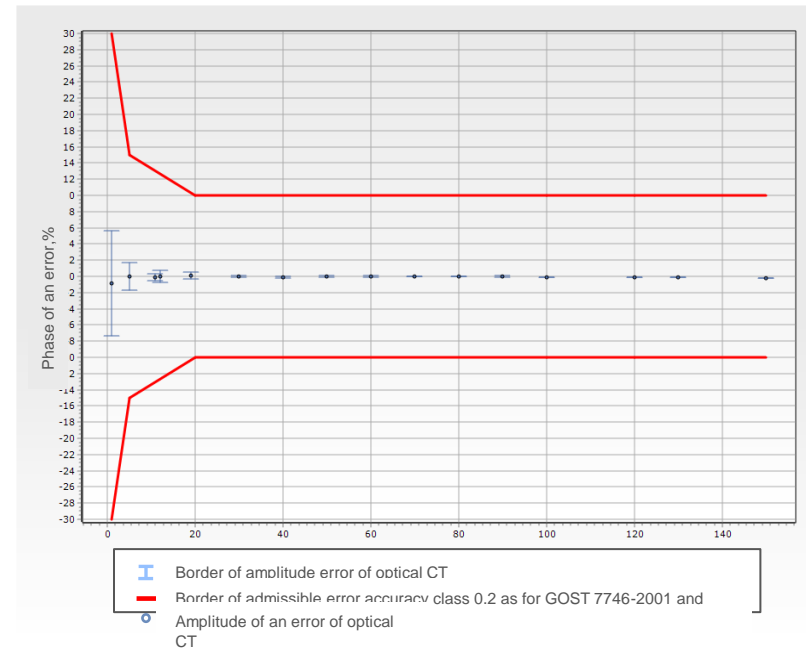
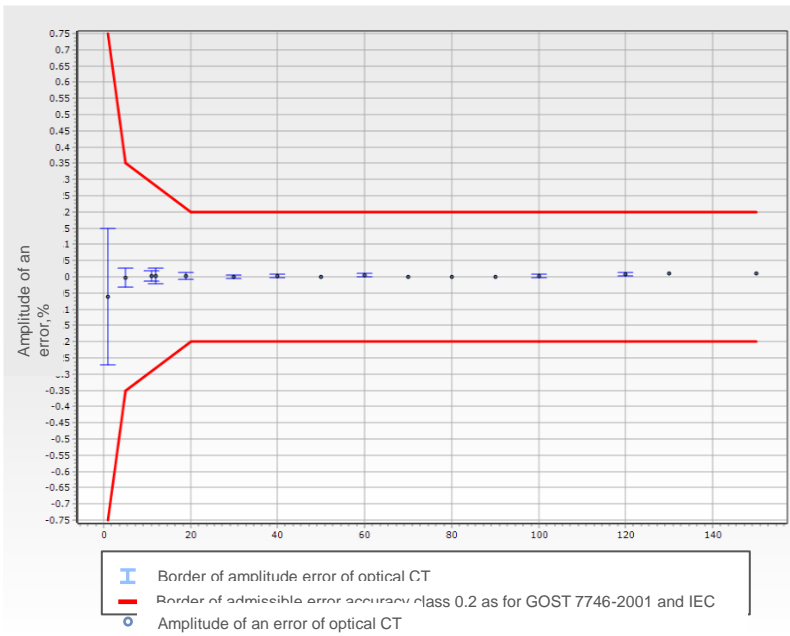
Генерирующие предприятия так же получают ощутимые финансовые результаты, так как по результатам анализа остаточной намагниченности трансформаторов тока практически все они имеют остаточную намагниченность достигающую 30%.

На мощных энергоблоках намагниченность достигает 60%.

Для оценки экономического эффекта так же необходимы данные по выработке и стоимости отпуска электроэнергии.

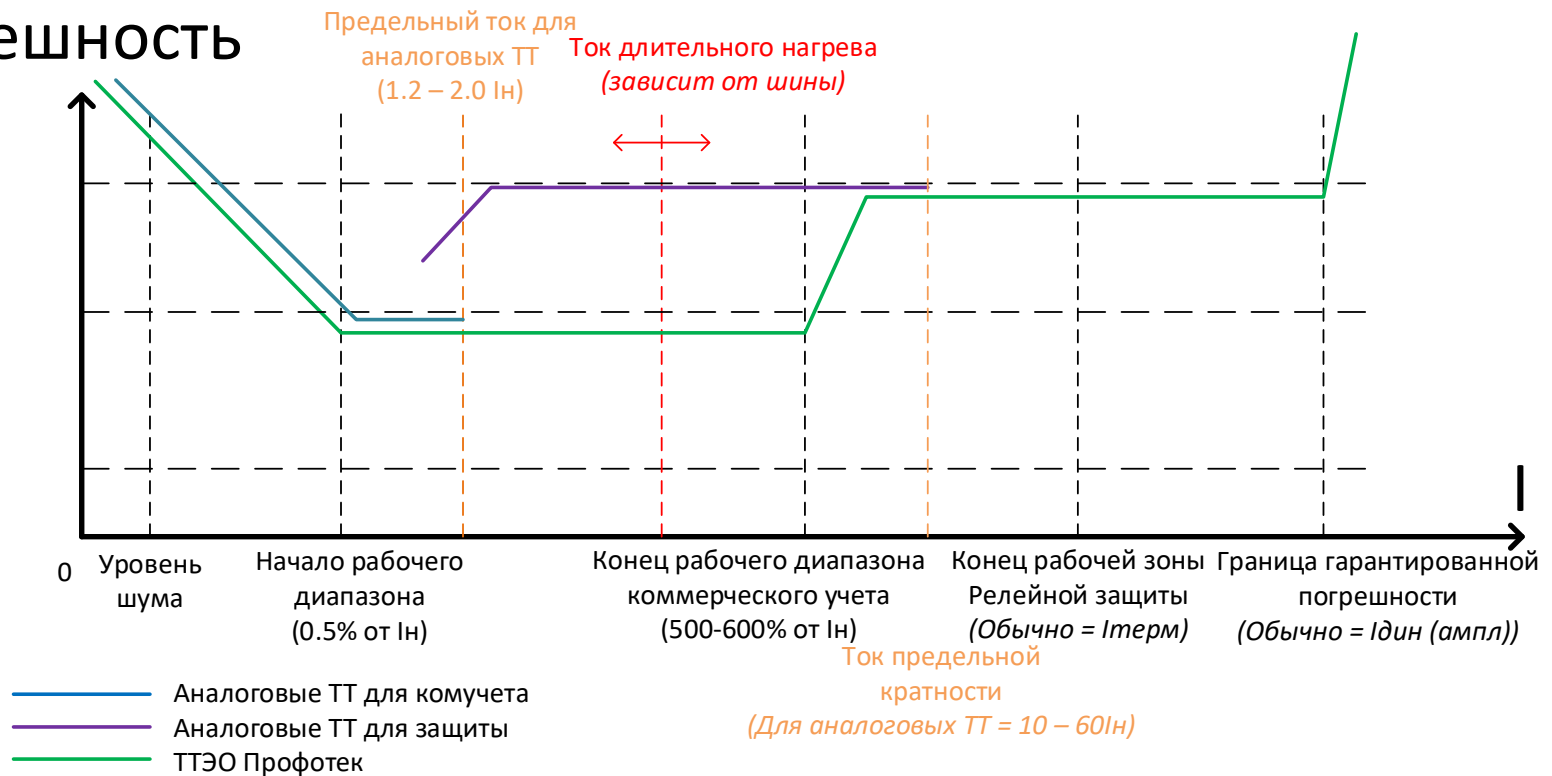
Все вышеприведенные данные в полной мере применимы и к сетевым энергообъектам.

# Амплитудная и фазовая погрешность



## ТТЭО – рабочий диапазон токов

Погрешность



## О компании

**АО «Профотек»** - российское компания полного цикла разработок, производства и обслуживания цифрового измерительного оборудования для токов высоких классов напряжения

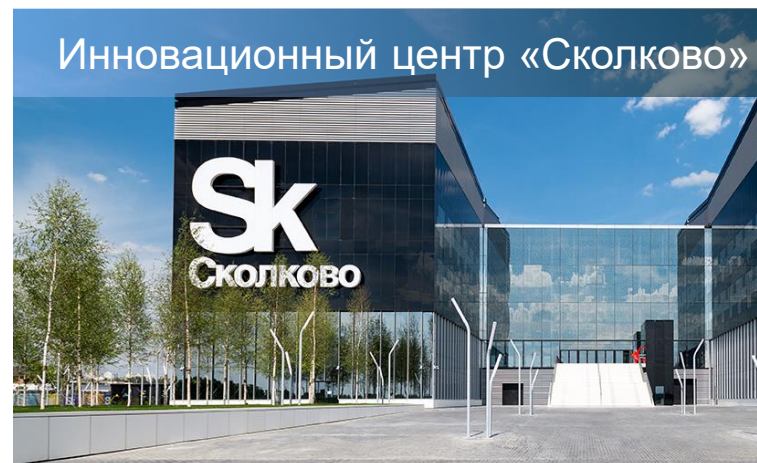
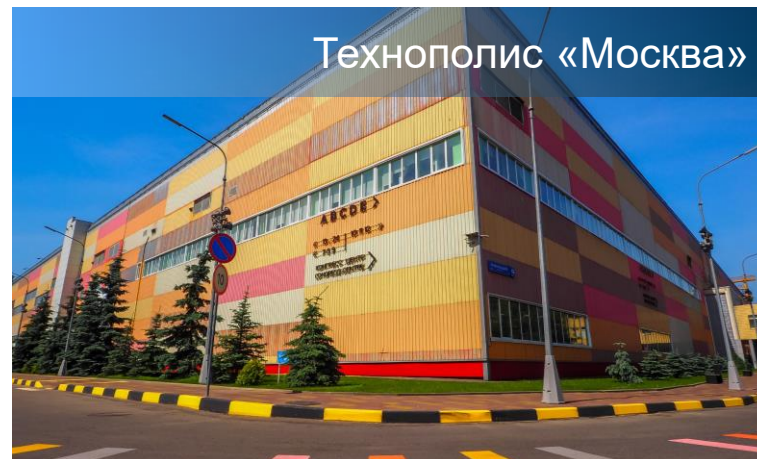
**ООО «НПЦ Профотек»** – центр разработок новых продуктов компании в Сколково

Нами разработана и запатентована технология производства специализированного оптического волокна и волоконно-оптических измерительных приборов на его основе

Акционер «Профотек» – АО «Роснано»

Производство – более 2500 м2 в Москве

Коллективе – 65 инженеров и ученых





## ***Продукты и решения Профотек для промышленности***

**Линейка измерительных трансформаторов «Профотек» – основной элемент построения цифровых систем измерения параметров переменного и постоянного тока и учета электроэнергии**

**В различных проектах созданы системы измерений:**

- **переменного тока напряжения 0.1, 1, 13.8, 110, 132, 220, 245, 500 кВ**
- **постоянного тока напряжения 1-5 кВ номиналом от 30 до 360 кА**

**Системы измерений «Профотек» различного функционала:**

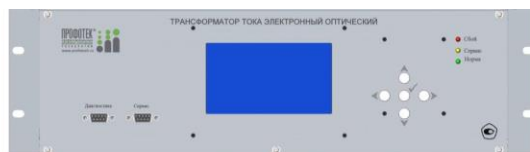
- **Коммерческий учет электроэнергии при покупке и поставке**
- **Мониторинг и контроль показателей качества электроэнергии**
- **Измерение больших и сверхбольших импульсных токов в производственных процессах для систем защиты**
- **Релейная защита и автоматика закрытых и открытых электрических установок подстанций и ОРУ**
- **Системы измерений для построения цифровых подстанций**



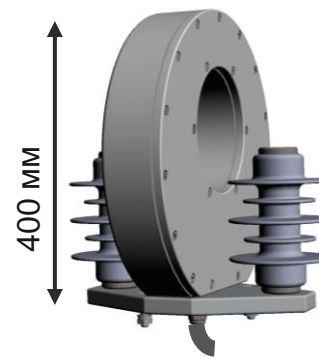
## Основная продукция компании (1/4)

### Трансформатор тока электронный оптический (ТТЭО)

Принцип работы	эффект Фарадея в специальном оптическом волокне (линейный отражательный интерферометр)
Изоляция	силиконовая рубашка, сухой воздух или гель
Номинальное напряжение	0 – 500 кВ
Номинальный первичный ток	200 – 6 000 А
Интерфейс	МЭК 61850-9-2LE (с поддержкой PRP, РТР)
Класс точности	0.2s (измерения) 5TPE (защита)



Электронно-оптический блок для установки в ОПУ



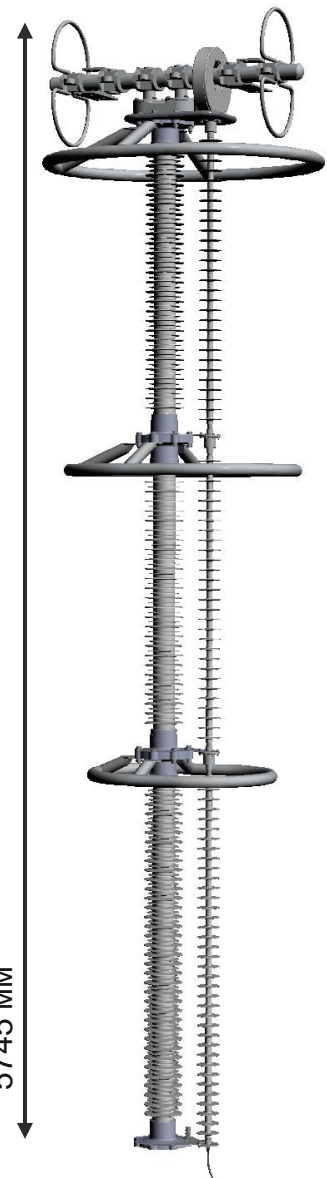
400 мм

0-20 кВ



2300 мм

110-220 кВ



5745 мм

500 кВ

Колонны токовые для установке на ОПУ или ЗРУ

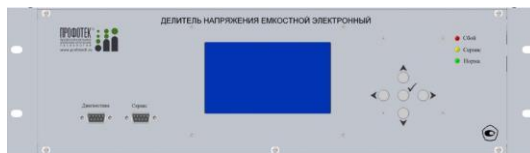


Распределение и передача электроэнергии

## Основная продукция компании (2/4)

Электронный трансформатор напряжения (ЭТН)  
и Делитель напряжения емкостной электронный (ДНЕЭ)

Принцип работы	резистивный (до 13кВ) или емкостной (выше 100кВ) делитель с модулем АЦП
Изоляция	силиконовая рубашка, минеральное масло
Номинальное напряжение	0-500 кВ
Интерфейс	МЭК 61850-9-2LE (с поддержкой PRP, PTP)
Класс точности	0.2 (измерения) 3P (защита)

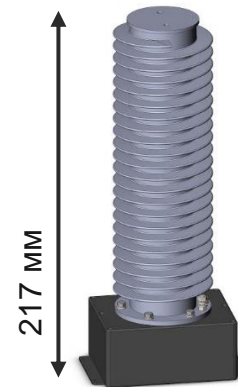


Электронно-оптический блок для установки в ОПУ

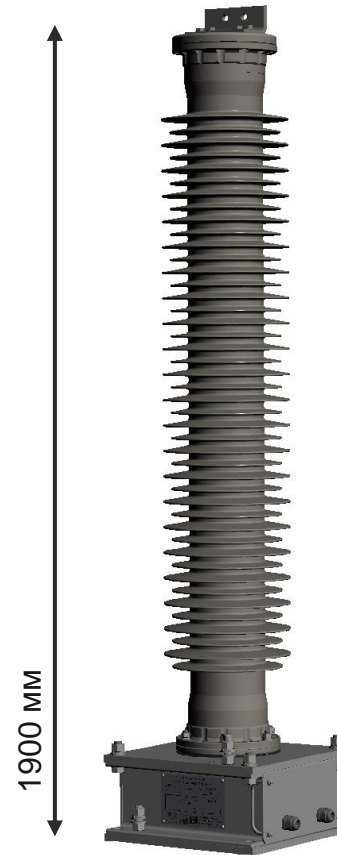


Распределение и передача электроэнергии

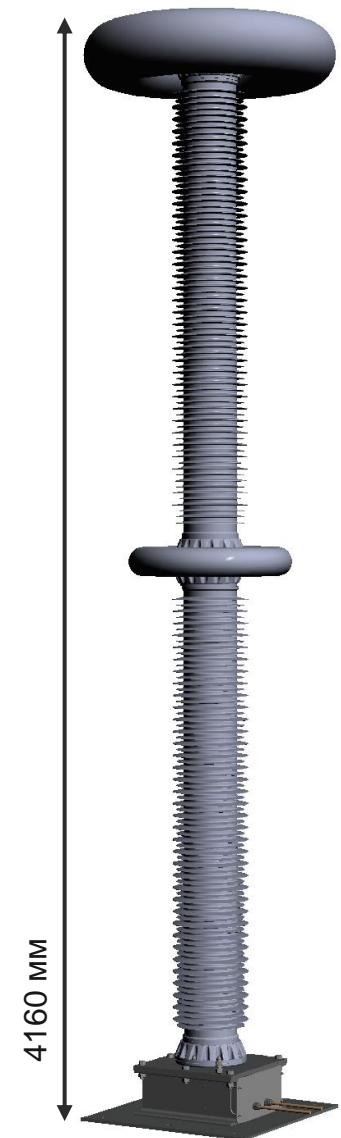
Колонны напряжения для установки на ОПУ



6-13 кВ



100 - 220 кВ



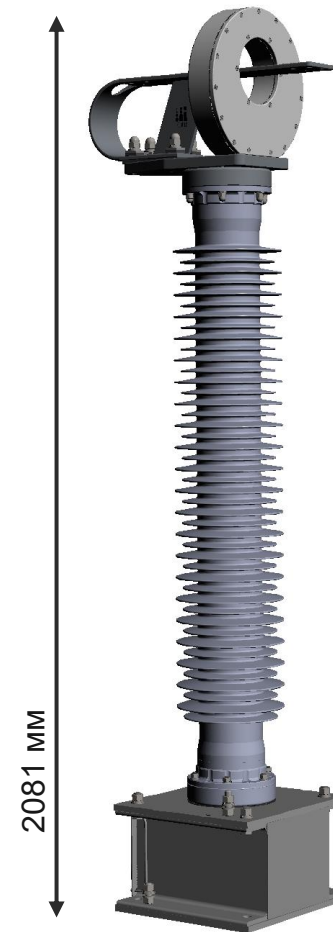
500 кВ

## Основная продукция компании (3/4)

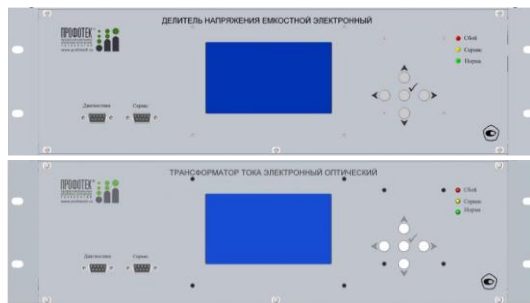
### Трансформатор тока и напряжения комбинированный (ТТНК)

Принцип работы	ток – эффект Фарадея в специальном оптическом волокне напряжение – емкостной (выше 110кВ) делитель с модулем АЦП
Изоляция	силиконовая рубашка, минеральное масло, азот
Номинальное напряжение	110 - 220 кВ
Номинальный первичный ток	200 – 6 000 А
Интерфейс	МЭК 61850-9-2LE (с поддержкой PRP, PTP)
Класс точности	ток – 0.2s (измерения), 5ТРЕ (защита) напряжение – 0.2 (измерения), 3Р (защита)

Комбинированная колонна для установки на ОРУ или ЗРУ



110 - 220 кВ



Электронно-оптические блоки для установки в ОПУ

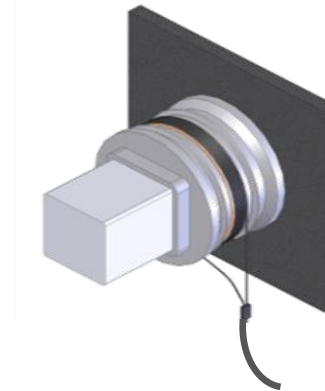


Распределение и передача электроэнергии

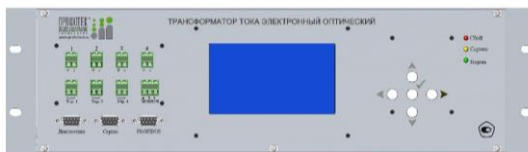
## Основная продукция компании (4/4)

### Трансформатор тока электронный оптический с гибким чувствительным элементом (ТТЭО-Г)

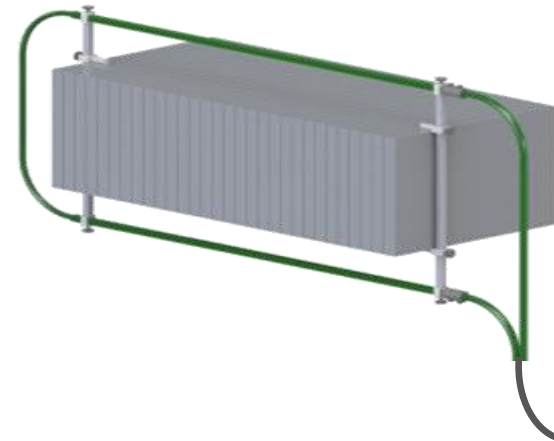
Принцип работы	эффект Фарадея в специальном оптическом волокне (линейный отражательный интерферометр)
Номинальный первичный ток (постоянный или переменный)	600 – 30 000 А AC 1000 – 360 000 А DC
Интерфейсы	МЭК 61850-9-2LE (с поддержкой PRP, PTP), Modbus, 0-5мА, 0-20мА и другие
Класс точности	0.05 (эталонный) 0.2s (измерения) 5TPE (защита)



Гибкий чувствительный элемент, устанавливаемый на выводе генератора (ТЭЦ, ГЭС)



Электронно-оптический блок для установки в ОПУ



Гибкий чувствительный элемент, установленный на токоведущей шине алюминиевого завода (постоянный ток до 400кА)



Генерация



Энергоемкие промышленные производства

## Основные преимущества решений Профотек



Цифровая обработка сигналов и современные интерфейсы (соответствие стандарту IEC 61850).



Высокая точность измерений (внесены в Госреестр средств измерений).



Отсутствие медных вторичных цепей, снижение стоимости материалов и затрат на монтаж.



Снижение затрат на текущую эксплуатацию.



Стандартизация интерфейса, возможность подключения приборов различных производителей.



Высокая пожаро - и взрывобезопасность, безопасность для персонала



Повышение эксплуатационной безопасности вторичного оборудования.



Существенно меньшие массогабаритные параметры, удобство монтажа и эксплуатации.



### Преимущества решений Профотек для электроэнергетики:

- Широкий динамический диапазон измерений переменного и постоянного тока
- Точность измерений класса 0.2 в штатных и в переходных/аварийных процессах
- Отсутствие насыщения (потери наблюдаемости) в аварийных режимах

# Метрологическое обеспечение



Вся продукция прошла испытания на соответствие стандартам:

## ГОСТ Р МЭК 60044-8-2010

Трансформаторы измерительные. Часть 8. Электронные трансформаторы тока

## ГОСТ Р МЭК 60044-7-2010

Трансформаторы измерительные. Часть 7. Электронные трансформаторы напряжения



и внесена в Государственный реестр средств измерений



## Реализованные проекты

### Проекты на территории Российской Федерации



**ПАО ФСК ЕЭС**, реализация проекта «Тобол-500кВ» (своей части). Поставка оптических трансформаторов (ОТ), проведение шеф-наладочных работ. **2017-2018**



**ПАО Россети**, Ленэнерго – реализация пилотного проекта по организации цифровой системы защиты применением ОТ (как элемента ЦПС). **2017-2018**



**АО ОЭК**, создание системы АПВ с применением ОТ «под ключ». **2017-2018**



**АК Транснефть**, реализация проектов ЦПС (своей части) на п/с Уват (110 кВ) и/или Десна (110 кВ). Поставка оптических трансформаторов, проведение шеф-наладочных работ. **2017-2018**



**ПАО ТГК-1**, реализация проекта: «Модернизация системы АИСКУЭ с применением ОТ». **2016 - 2018**



**ПАО РусГидро**, Реализация проекта ЦПС (своей части) на Нижегородской ГЭС. **2015 - 2017**



**ОК РУСАЛ**, Реализация проекта: «Модернизация системы измерения постоянного тока с применением ОТ» (производство алюминия). **2011 – н.в.**



**ПАО Корпорация ВСМПО-АВИСМА**, реализация проекта: «Создание системы измерения постоянного тока с применением ОТ» (производство титана). **2017**



**ОАО «Электросетевая компания»**, Казань, реализация проекта: «Создание цифровой АИСКУЭ с применением ОТ». **2015**



**ПАО Мосэнерго**, реализация проекта: «Создание точек измерения на выводах генератора с применением ОТ». **2012**



**АО НПЦ газотурбостроения «Салют»**, реализация проекта: «Создание системы измерений и защит генератора с применением ОТ». **2016**



**ФГУП «УНИИМ»**, реализация проекта: «Разработка и поставка прецизионного гибкого оптического трансформатора тока». **2015**

### Проекты на иностранных объектах



**Максвелл (Швейцария)**, поставка ТТ для нужд SwissGrid. Будет использоваться совместно с P3A Siemens.  
**Статус:** оборудование в производстве.



**DNV-GL (Голландия)**, поставка ТТЭО 220 - 2 комплекта в Компанию, владеющую КЕМА  
**Статус:** Оборудование произведено и введено в эксплуатацию.



**Groupe-E (Швейцария)**, установка комплекта комбинированных ТТ и ТН на ОРУ ПС в Швейцарии  
**Статус:** Оборудование произведено и введено в эксплуатацию.



**EDF (Франция)**, тестовая установка одного трехфазного комплекта комбинированных ТТ и ТН на ОРУ ПС во Франции.  
**Статус:** Получены требования и программа ресурсных испытаний на 2018 год. Оборудование поставлено и находится в опытной эксплуатации.



**Terna (Италия)**, исследование на совместимость ТТ Профотек в CESI для тендерных спецификаций Terna на будущее.  
**Статус:** Согласованы условия сотрудничества с Terna (Италия). Оборудование поставлено и находится в опытной эксплуатации.



**Hydro Québec (Канада)**, сравнительные испытания ТТ Профотек в IREQ в течение 2017-18 для тендерных спецификаций Hydro Québec на будущее.  
**Статус:** Оборудование отгружено, квалификационные испытания в Канаде успешно завершены. Идет производство 2-х комплектов для ОПЭ в Канаде.



# Реализованные проекты Профотек



Наш  
опыт

Описание проекта	
<b>Название проекта</b>	НПП Горизонт
<b>Заказчик</b>	Испытательная станция НПП Салют
<b>Расположение</b>	Москва, Россия
<b>Тип установки</b>	Генератор (N-выходы) ТТЭО-Ш Элемент подстанции 13.8 кВ ТТЭО-Ш + ЭТН-RD
<b>Уровень напряжения</b>	0.1 - 13.8 кВ
<b>Подробности проекта</b>	Цифровая защита (включая дифференциальную) тестового генератора 30 МВА со следующими рабочими параметрами: 0.1-8 кВ, 0-3000 А, 0.5 – 70 Гц и классом коммерческого учёта 0.2% (I, U, P, Q, S, F, cos φ)
<b>Комплектация поставки</b>	Измерительные трансформаторы, УСШ, шеф-монтаж и ПНР.
<b>Установленные трансформаторы</b>	ТТЭО-Ш + ЭТН-RD ТТЭО-Ш
<b>Сопряжение с системой контроля</b>	Цифровая защита Релематика TOP-300 (IEC 61850) ModBus RTU для АСУ ТП Advantech Синхронизация времени через оптический 1PPS
<b>Ввод в эксплуатацию</b>	09.2016

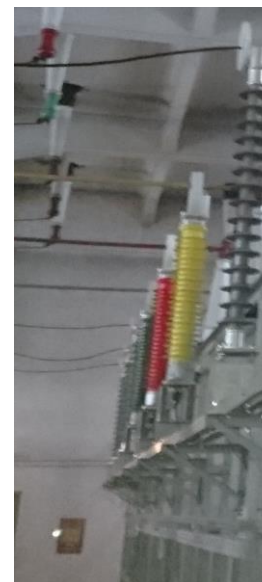


# Реализованные проекты Профотек



Наш опыт

Описание проекта	
<b>Название проекта</b>	ТГК-1
<b>Заказчик</b>	ТГК-1 (Территориальная генерирующая компания)
<b>Расположение</b>	Санкт-Петербург, Россия
<b>Тип установки</b>	Распределительное устройство с воздушной изоляцией (закрытое и открытое), Выходы генераторов.
<b>Уровень напряжения</b>	13.5 кВ 110 кВ
<b>Подробности проекта</b>	Замена повреждённых трансформаторов NХТ F3. (Производства Канада)  Коммерческий учёт электроэнергии.
<b>Комплектация поставки</b>	Измерительные трансформаторы, шеф-монтаж и ПНР.
<b>Установленные электронные измерительные трансформаторы</b>	ТТЭО-110 + ЦАП I (9 шт.) ТТЭО-Г + ЦАП I (3 шт.) ТТЭО-Г + ЦАП I (5 шт.) → поставка в декабре 2018
<b>Сопряжение с системой контроля</b>	Система коммерческого учёта электроэнергии для работы на Оптовом Рынке. АСУ ТП Advantech для мониторинга состояния оборудования.
<b>Ввод в эксплуатацию</b>	05.2017



# Реализованные проекты Профотек

Описание проекта	
Название проекта	Герцево
Заказчик	ОЭК (Объединённая Энергетическая Компания)
Расположение	Москва, Россия
Тип установки	Распределительное устройство с воздушной изоляцией (открытое), Вводы кабеля
Уровень напряжения	220 кВ 110 кВ
Подробности проекта	<p>АПВ разрешено, если короткое замыкание на воздушной линии электропередач.</p> <p>Запрет АПВ в случае короткого замыкания в кабеле.</p> <p>Защитный терминал IEC 61850 в режиме дифференциальной защиты, измеряющий ток по двум концам высоковольтного кабеля.</p> <p>В КРУЭ используются аналоговые встроенные трансформаторы тока 1 А ; ТТЭО-Г, установленные в основании высоковольтных кабельных муфт.</p>
Комплектация поставки	Поставка измерительных трансформаторов, шеф-монтаж и пусконаладка.
Установленные трансформаторы	ТТЭО-Г (13 шт.)
Сопряжение с системой контроля	Защитные терминалы EFACES
Ввод в эксплуатацию	09.2018



Наш опыт

# Реализованные проекты Профотек

Описание проекта	
<b>Название проекта</b>	Нижегородская ГЭС
<b>Заказчик</b>	РусГидро
<b>Расположение</b>	Москва, Россия
<b>Тип установки</b>	Распределительное устройство с воздушной изоляцией (открытое), Выходы генератора (закрытые), Возбуждение генератора
<b>Уровень напряжения</b>	1 кВ; 13.8 кВ; 110 кВ
<b>Подробности проекта</b>	Опытный проект “Цифровая подстанция” для тестирования совместимости ТТЭО, ЭТН и защитных терминалов различных производителей.
<b>Комплектация поставки</b>	Измерительные трансформаторы и услуги по вводу в эксплуатацию
<b>Установленные электронные измерительные трансформаторы</b>	ТТЭО-Г 13.8 кВ (2 шт.) - Нейтраль и линейные выходы генератора ЭТН-RD 13.8 кВ (2 pcs) – Нейтраль и линейные выходы генератора ТТЭО-110, ЭТН-CD – 110 кВ Сторона повышающего трансформатора ТТЭО-Ш, ЭТН-RD 1 кВ – Система возбуждения генератора
<b>Сопряжение с системой контроля</b>	TOP-300 (Релематика) RET670 (ABB) Alstom P40 Agile P645 (GE) ЭКРА-200 ARIS-EM (Prosoft) Siprotec 5 (Siemens)
<b>Ввод в эксплуатацию</b>	09.2015



Наш опыт

# Проекты в стадии реализации – п/п Тобол 500



# Проекты в стадии реализации - п/ст 220 кВ КРАЗ



# Проекты в стадии реализации – п/ст 110 кВ Ясень



## Совместимость наших продуктов

Официально пройденные тесты на совместимость у поставщиков вторичных устройств:

Вендор	Устройство
Siemens	SIPROTEC 5 терминал P3A SIPROTEC 5 PAC 7KE85
ЭКРА	EKRA2704 терминал P3A
EFACEC	TPU L500 терминал P3A
Schweitzer Engineering Lab.	SEL-421 терминал P3A
Nari Relays	NR PCS 902 терминал P3A
Landys&Gyr	ZMQ802C счетчик электроэнергии
ABB	670LE2, REG 670, REG 650 терминал P3A
РЕЛЕМАТИКА	TOP-300 терминал P3A
ПРОСОФТ	ARIS-EM счетчик электроэнергии
ЮНИТЕЛ ИНЖИНИРИНГ	MP3-3 терминал P3A
General Electric	Alstom Grid MiCOM Agile P645 терминал P3A
ЭНЕРГОСЕРВИС	ЭНИП счетчик электроэнергии



**ПРОФОТЕК**®  
профессиональные  
ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЕ  
ТЕХНОЛОГИИ



Спасибо за внимание!



Технополис «Москва»

109316, г. Москва, Волгоградский просп.  
д.42, корп. 5



+7 (495) 775-83-39



[www.profotech.ru](http://www.profotech.ru)



[info@profotech.ru](mailto:info@profotech.ru)

