

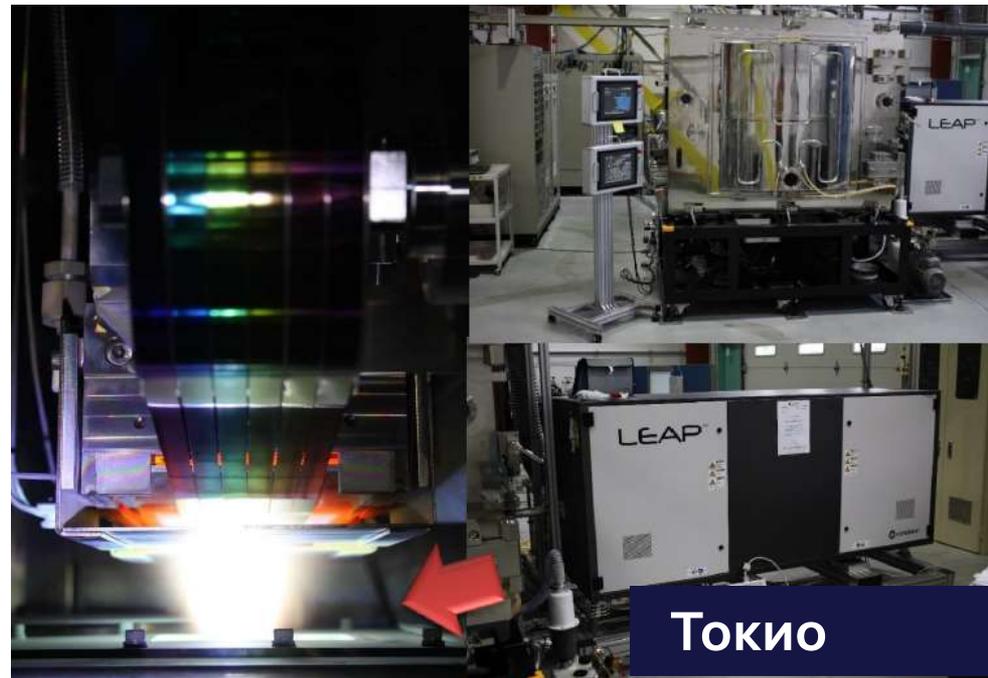
# Токоограничивающие устройства на основе сверхпроводников

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

+7 (495) 669-79-95

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

- 2006 : основано ЗАО «СуперОкс»
- 2011 : основана компания в Японии – SuperOx Japan LLC
- 2012 : начало производства ВТСП-провода\*
- 2016 : поставки ВТСП-продукции в РФ и 12 стран мира



\* ВТСП – высокотемпературный сверхпроводник

- 100% частная компания с долговременной стратегией
- Единственный производитель ВТСП-провода в Европе
- Более 70 заказов поставлено заказчикам из 14 стран
- ~ 50 сотрудников (20 кандидатов наук) в России, Японии и Корее



Владелец и председатель Совета директоров Андрей Вавилов

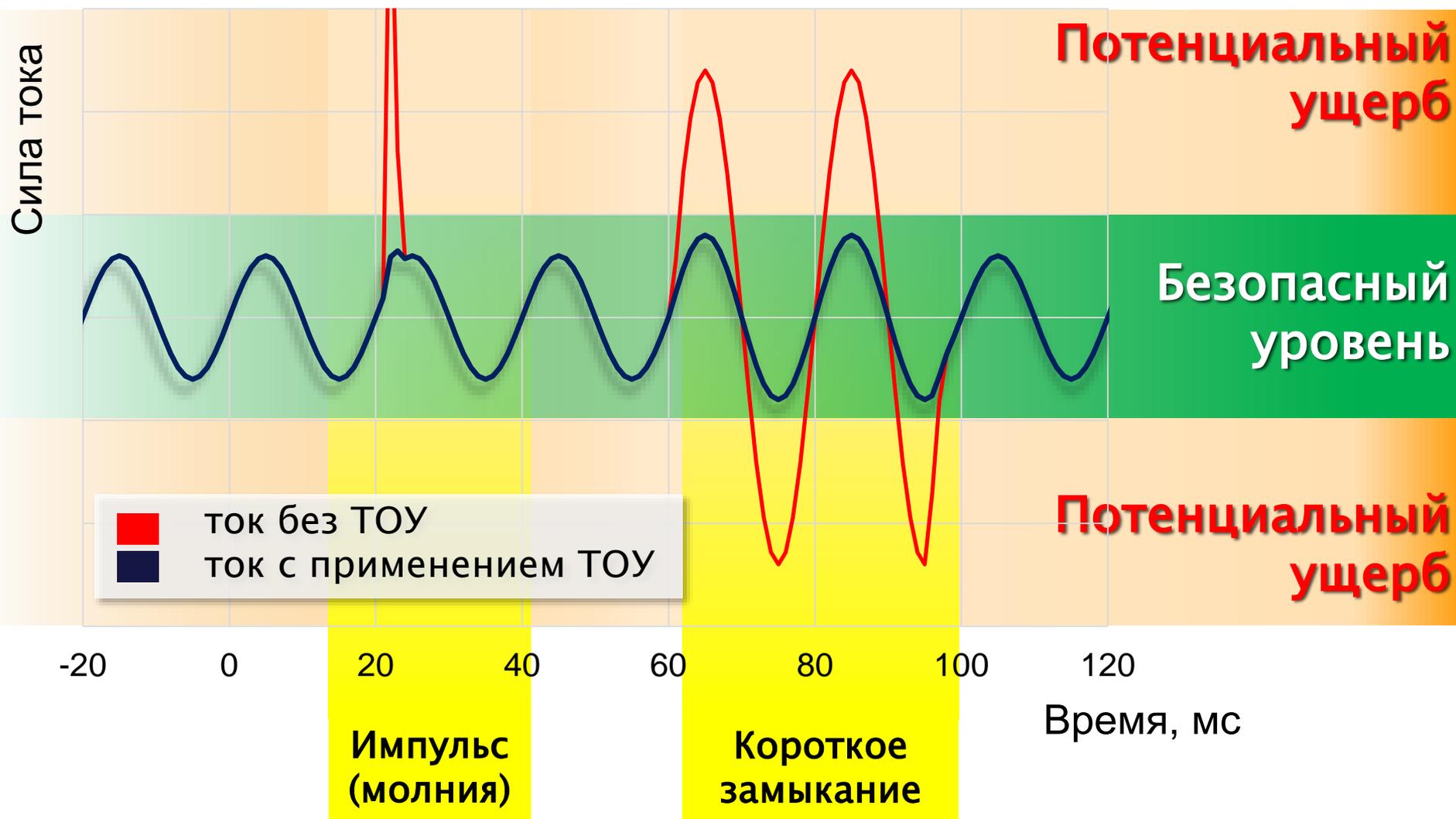


- неизбежное явление в любой сети
- превышают номинальные значения в 10–100 раз
- создают огромную нагрузку на все компоненты системы

## ПОСЛЕДСТВИЯ

- аварийные ситуации, пожары, взрывы и пр.
- рост затрат на ремонт и замену оборудования
- упущенные доходы от вынужденной остановки производства

**НОВОЕ РЕШЕНИЕ – токоограничивающее устройство (ТОУ)**



- срабатывает в 100 раз быстрее силового выключателя, внося в цепь дополнительное активное сопротивление
- самовосстанавливается после устранения замыкания,
- устройство незаметно для сети в номинальном режиме,
- снижает апериодическую составляющую тока КЗ,
- не вносит в сеть высших гармонических составляющих напряжения,
- не меняет логику работы силовых систем защиты (РЗА),
- имеет малые габариты и вес,
- экологично и пожаробезопасно.



**Основная функция устройства** – ограничить ток, снижая тем самым нагрузку на нагрузку на элементы системы в случае короткого замыкания (КЗ).

# Технические характеристики

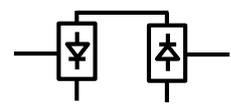
	ТОР	Is-limiter	ВПТ	ВТСП ТОУ
Обозначение				
Класс напряжения/Мощность	10 кВ / 17 МВт	12 кВ / 25 МВт	10 кВ / 20 МВт	12 кВ / 25 МВт
Глубина ограничения тока	В 6 раз	В 2,5 раза	В 70 раз	В 8 – 16 раз
Скорость срабатывания	-	5 мс	5 мс	<1мс
Самовосстановление	-	-	+	+



ТОР – токоограничивающий реактор  
 Is-limiters – взрывной токоограничитель  
 ВПТ – вставка постоянного тока

ВТСП ТОУ

ВПТ



Масса

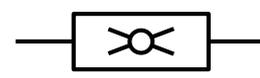
Нет данных

TOP



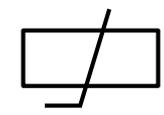
1100 кг

Is - limiter



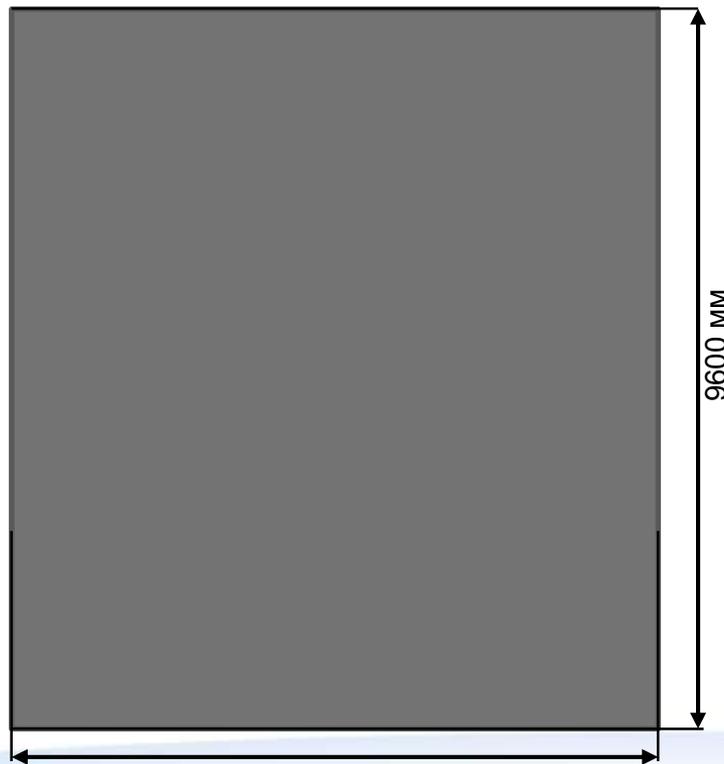
1200 кг

ВТСП ТОУ



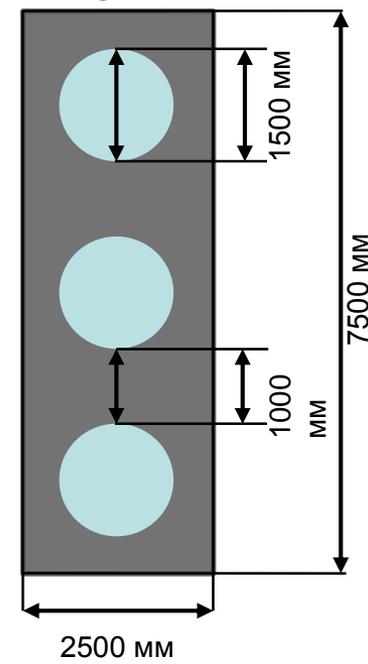
1000 кг

82 м<sup>2</sup>

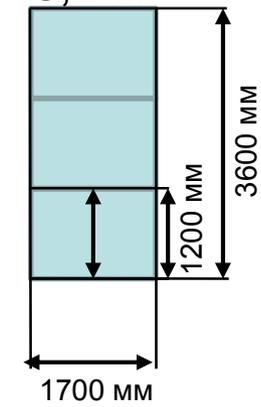


Футпринт

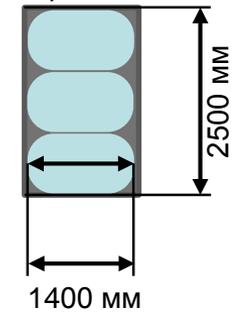
19 м<sup>2</sup>



6,2 м<sup>2</sup>



3,5 м<sup>2</sup>



8500 мм

ВТСП ТОУ

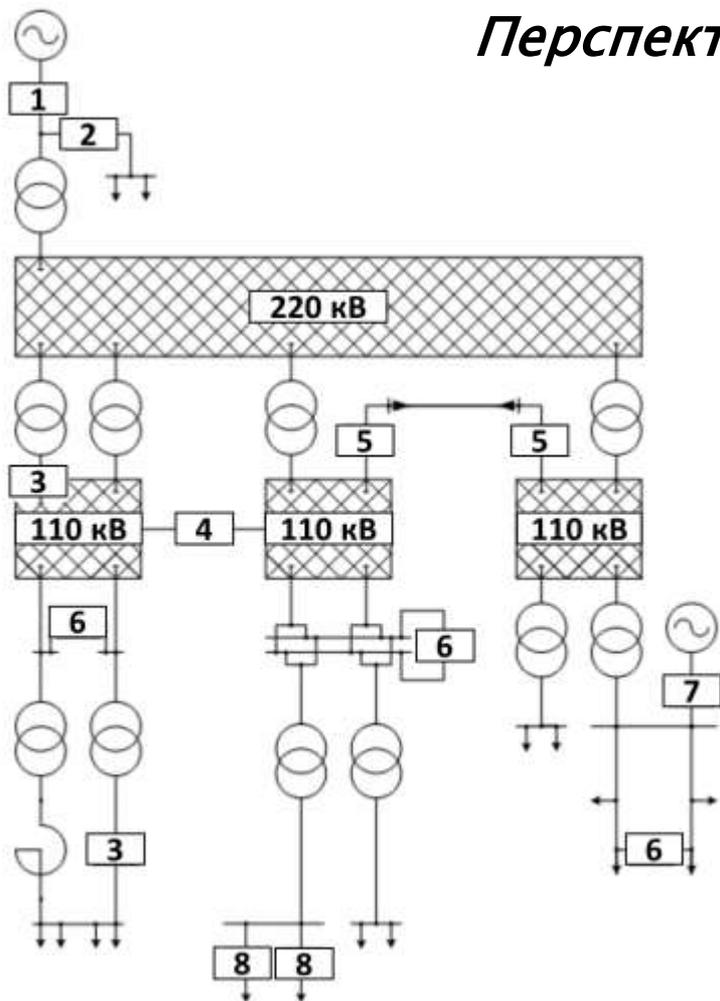
Снижение капитальных затрат на 30%:

- Установка ТОУ снижает требования к электрооборудованию, т.е. ведет к снижению габаритов и стоимости электрооборудования при строительстве новых подстанций.
- Размещение дополнительной мощности совместно с установкой ТОУ не повышает уровень токов КЗ, а значит, не требуется замена оборудования ПС (кабели, коммутационное оборудование, трансформаторы).

Снижение операционных затрат:

- Снижение числа аварийных ситуаций
- Улучшение качества электроснабжения
- Снижение затрат на обслуживание оборудования

## Перспективные точки размещения ТОУ



- 1 – Генераторное присоединение
- 2 – Собственные нужды
- 3 – Трансформаторный ввод
- 4 – Объединение сетей
- 5 – ВПТ, сверхпроводниковые кабели
- 6 – Объединение шин
- 7 – Подключение локальной генерации
- 8 – Отходящее присоединение

- Ограничение токов КЗ до уровня 2-3 номинальных значений

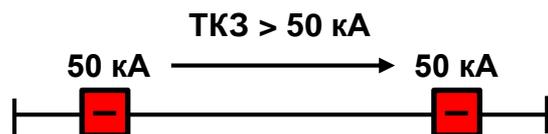


- Опережающее деление сети - поддержание напряжения на шинах не менее 95 % номинала

- Подключение локальной генерации напрямую в распределительную сеть

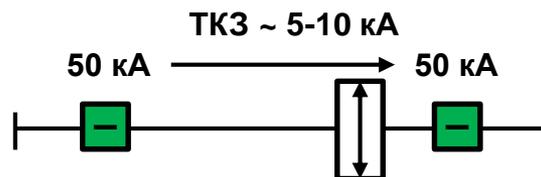


## Проблема



TK3 выше отключающей способности выключателей

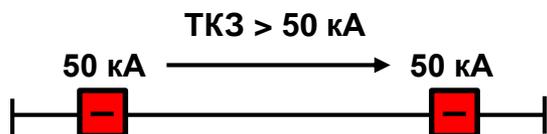
## Решение



Низкие TK3

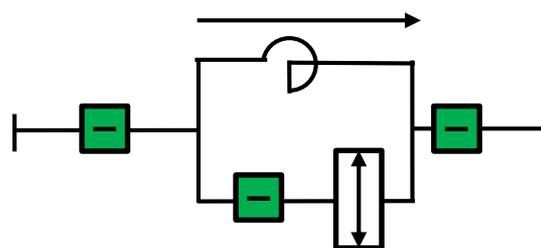
## Объекты

- Эссен, Германия  
ТОУ в КЛ ПС «Hercules»-ПС «Delbrugge» (Nexans)



TK3 выше отключающей способности выключателей

TK3 ~ 10-15 кА

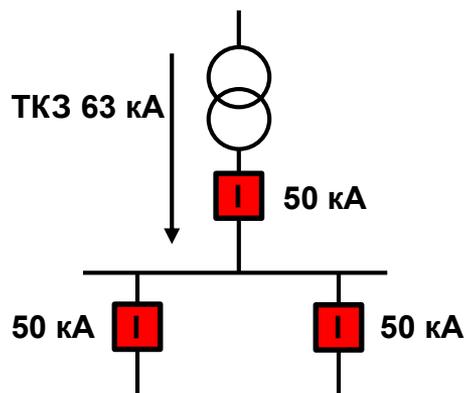


Низкие TK3

Длительное ограничение TK3 (> 3 с)

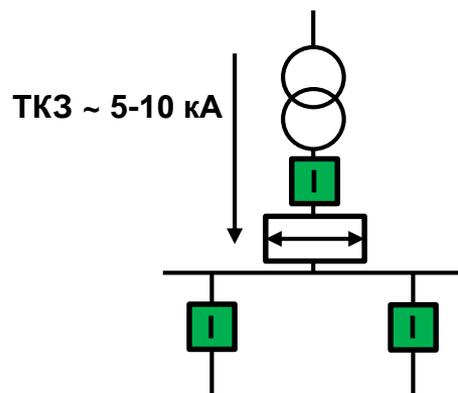
- Мап Та Пхут, Таиланд (Applied Materials)
- Ичеон, Корея (КЕРСО)
- ПС Мневники, Москва (СуперОкс)

## Проблема



TK3 выше отключающей способности выключателей

## Решение



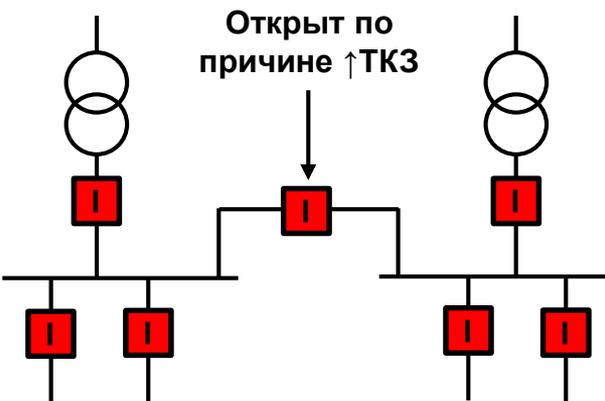
Низкие ТКЗ

## Объекты

- Боксберг, Германия, ТЭЦ «Боксберг», отходящее присоединение ТСН (Nexans)
- Санкт-Петербург, ПС «Металлострой», фидерная линия ЖД

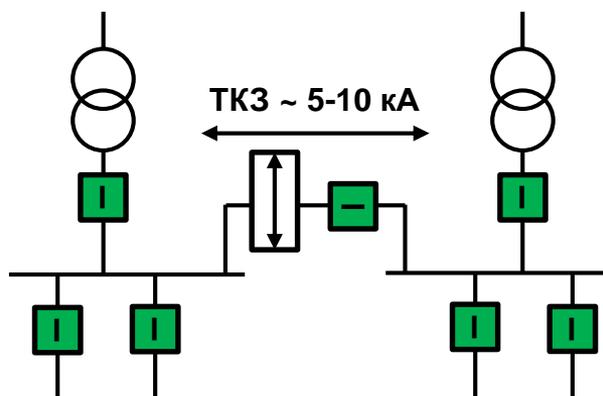


## Проблема



Нестабильность напряжения  
(деление сети)  
или  
Высокие ТКЗ

## Решение



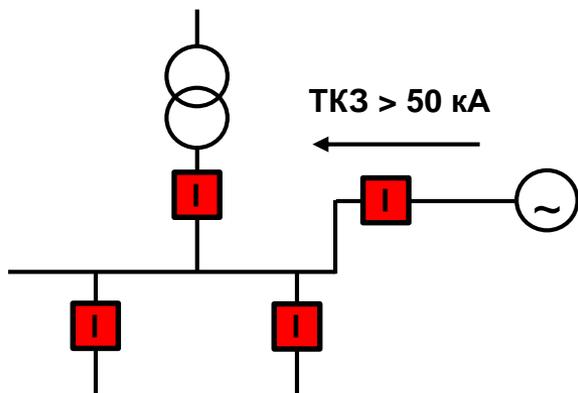
Низкие ТКЗ одновременно с  
перетоком мощности

## Объекты

- Бирмингем,  
Великобритания,  
ПС «Chester Street»  
ПС «Bouneville»  
(Nexans, 2 ТОУ)

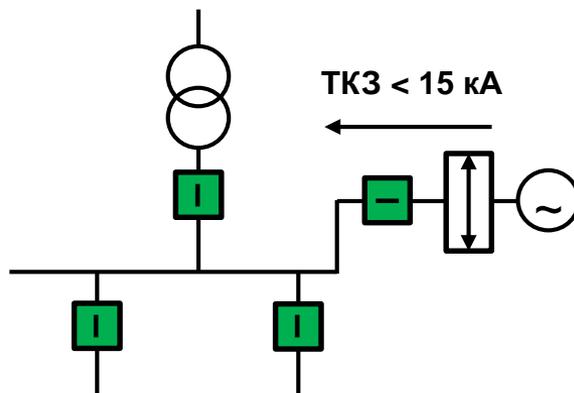


## Проблема



Недостаток мощности  
Высокие ТКЗ  
Низкая чувствительность РЗА

## Решение



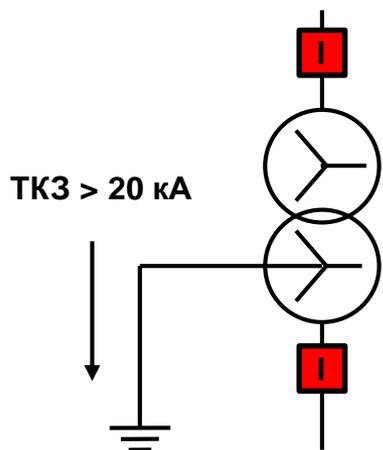
Высокая мощность  
Низкие ТКЗ

## Объекты

Аугсбург, Германия, ПС  
«Leichhausen» (Siemens)

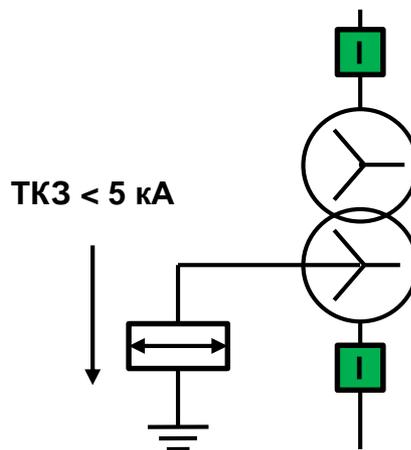


## Проблема



Высокие ТКЗ

## Решение



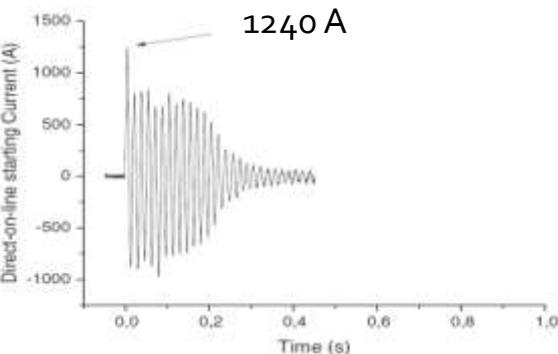
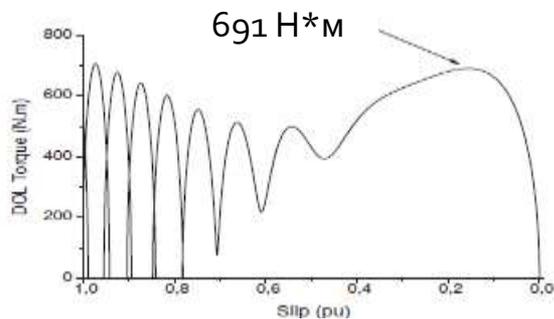
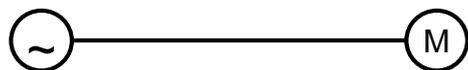
1 компактный ТОУ защищает  
одновременно 3 фазы

## Объекты

Нью-Йорк, США  
ПС «Poughkeepsie»  
(Applied Materials)

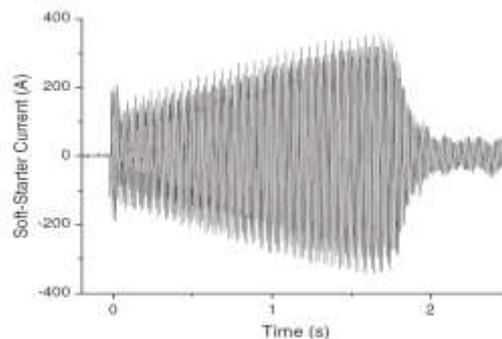
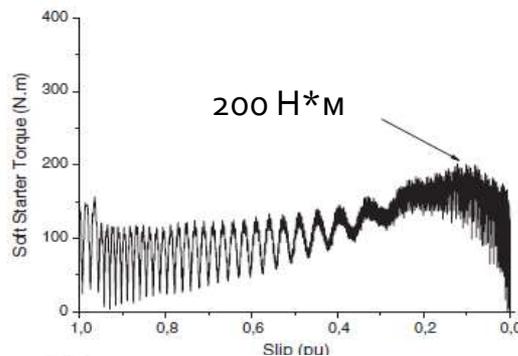
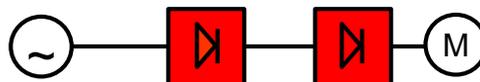


## Прямой запуск



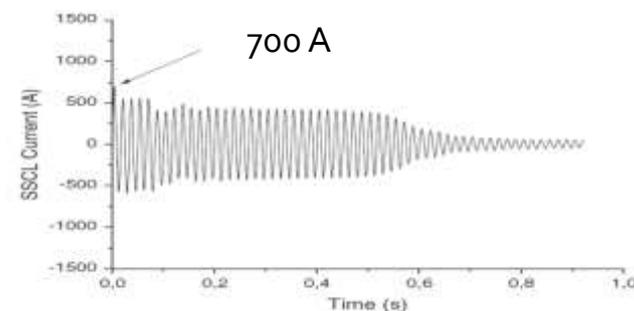
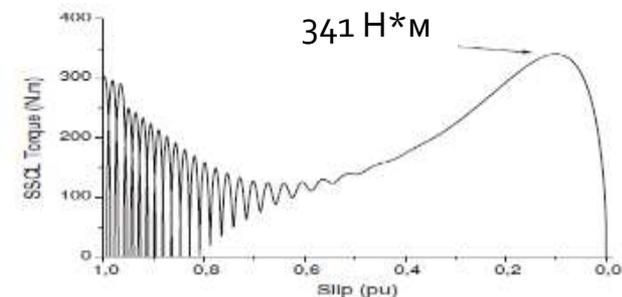
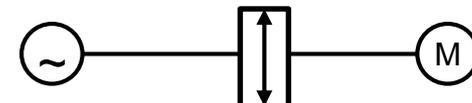
Высокий пусковой ток

## Запуск с УПП



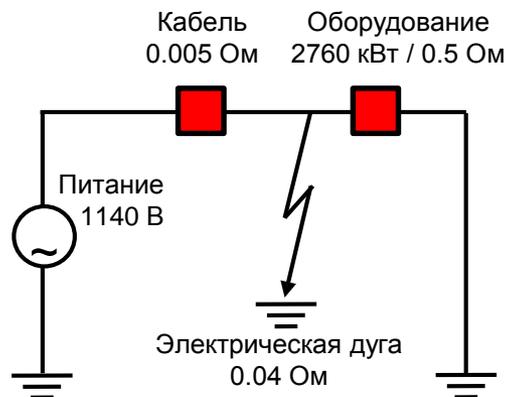
Появление высших гармоник, низкий момент

## Запуск с ТОУ



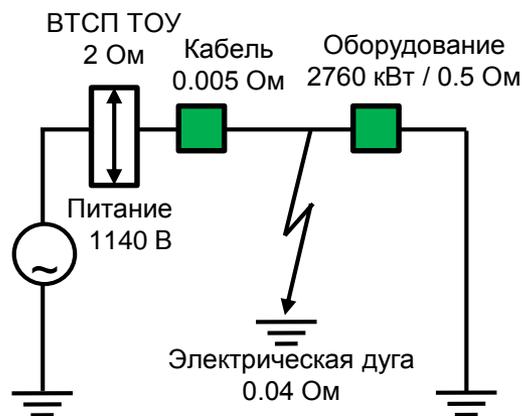
Значительное снижение пусковых токов при сохранении высокого момента, отсутствие высших гармоник

## Проблема



Ток КЗ : 16 500 А  
Время: 100 мс  
Энергия: 3.2 МДж

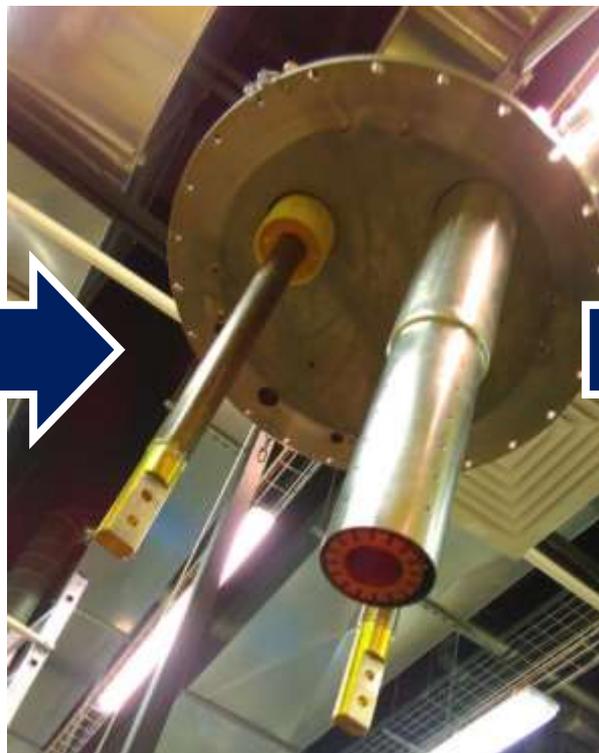
## Решение



Ток КЗ: 330 А  
Время: < 1 мс  
Энергия: 0.06 МДж

- Снижение тепловой нагрузки **в 50.000 раз**
- предотвращение возгораний во взрывоопасных средах (шахтах) спровоцированных КЗ

СуперОкс обладает полной технологической цепочкой, имеет все необходимые компетенции для проектирования, изготовления и установки оборудования на объектах энергетической инфраструктуры



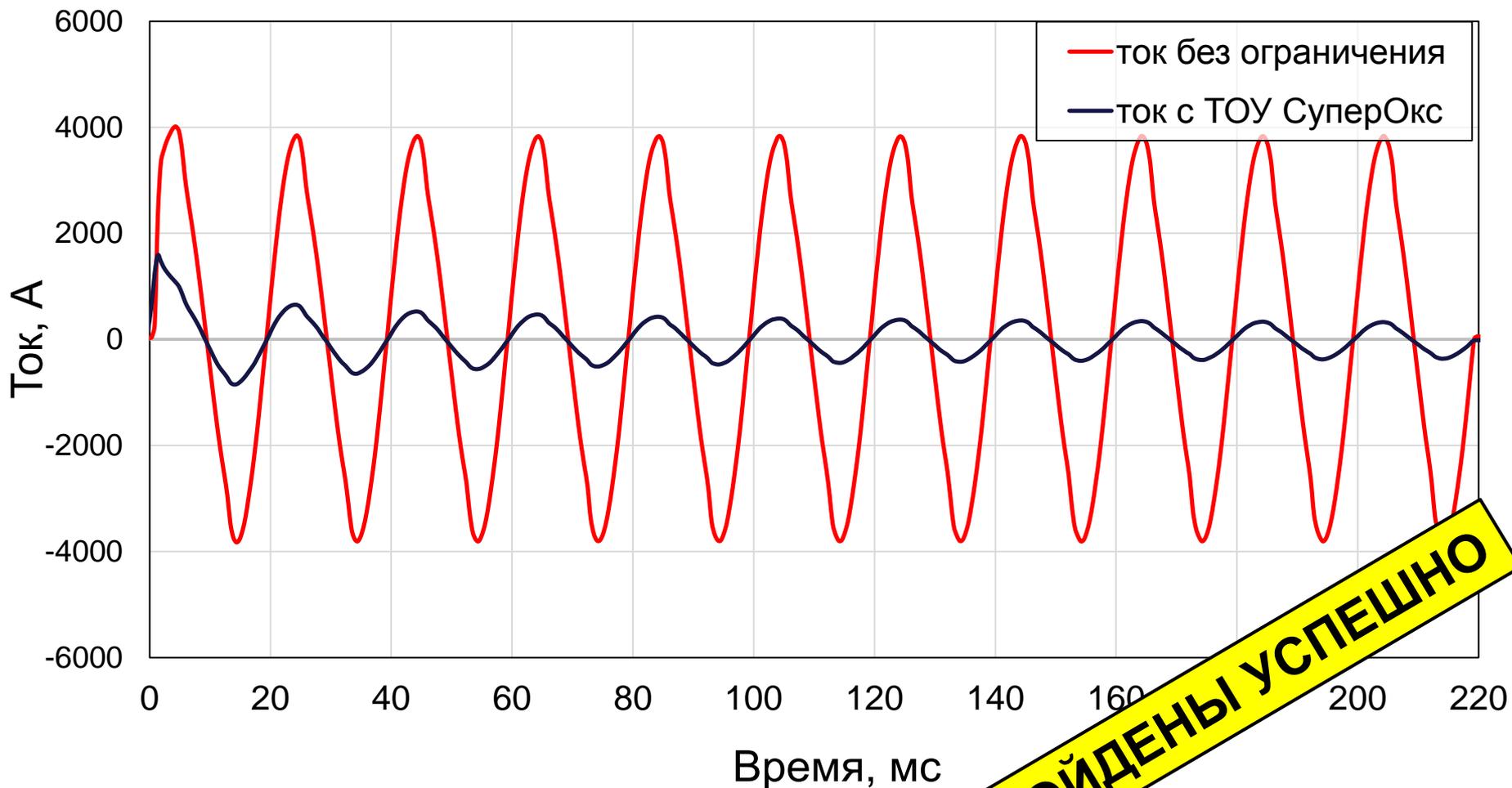
Производство ВТСП

Изготовление ТОО

СМР и ПНР

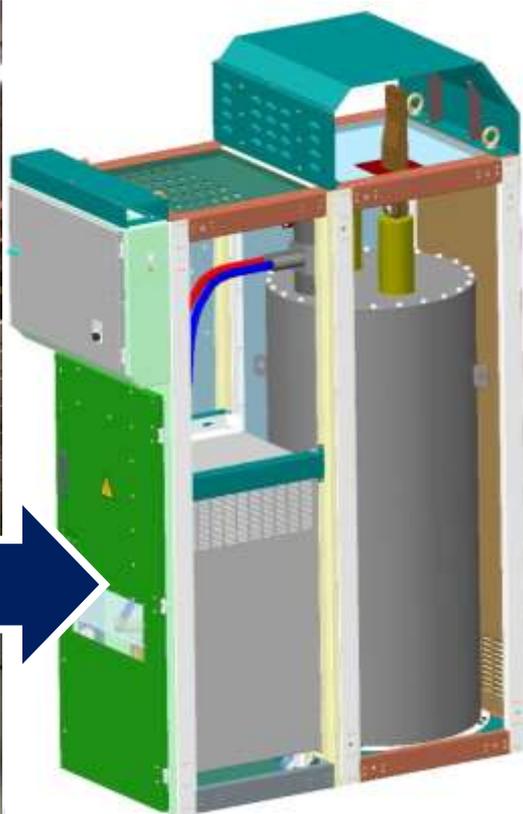
$U_{\text{НОМ}} = 1 \text{ кВ}$   
 $I_{\text{НОМ}} = 500 \text{ А}$





**ПРОЙДЕНЫ УСПЕШНО**

- Разработано для сети постоянного тока среднего напряжения
- Установка на тяговую подстанцию в 2016 году
- Совместный проект с ООО «НИИЭФА-Энерго» (Санкт-Петербург)
- Размещение в стандартной ячейке выключателя



## Спецификация

Напряжение	3.3 кВ
Номинальный ток	до 5 кА
Время ограничения	100 мс
Сопротивление (ном)	0.001 Ом
Сопротивление (КЗ)	1 Ом
Электропотребление	< 6 кВт
Криосистема	замкнутая, криокулер
ШхГхВ, мм	800 x 1740 x 2100
Масса, кг	700

- Электрическая прочность – успешно
- Ограничение тока КЗ – успешно
- Ток нагрузки и ток перегрузки – успешно

Размещение на ПС «Металлострой» – в августе 2016

ВТСП ТОУ на испытаниях  
током перегрузки



ВТСП ТОУ на высоковольтных  
испытаниях



- СуперОкс выполняет работы по проектированию и изготовлению ВТСП ТОУ 220 кВ для ПС «Мневники» (АО «ОЭК», Москва),
- Экономический эффект в перспективе до 2030 составляет 250 млрд руб. (снижение зависимости от закупки импортных выключателей)



Вид подстанции



Представление проекта  
Мэру Москвы  
С.С.Собянину  
(2014)

- Использование технологии, удостоенной Нобелевской премии
- Сверхбыстрое срабатывание, высокая эффективность и надежность
- Более 20 успешных установок по всему миру



Германия / 12кВ / 0,8кА  
2009



Италия / 9кВ / 0,25кА  
2010



США / 13кВ / 1,2кА  
2010



Германия / 12 кВ / 2,4кА  
2014



Корея / 23кВ / 0,6кА  
2010



Испания / 24 кВ / 1 кА  
2013



Китай / 220 кВ / 0,8 кА  
2010



США / 115 кВ / 0,9 кА  
2012

## Проекты СуперОкс



Россия / 3.3 кВ / 5 кА  
2016



Россия / 220 кВ / 1,2 кА  
2017

**ВТСП ТОО** не имеет аналогов в современной энергетике:

- Реализует контролируемый переток мощности
- Радикально снижает ПВН, не вносит высшие гармоники в сеть
- Удаляет апериодическую составляющую тока КЗ
- Самовосстанавливается после прохождения тока КЗ
- Экологично и пожаробезопасно
- Имеет компактный габарит

**Эффект для потребителя:**

1. Снижение капитальных и операционных затрат на электрооборудование
2. Повышение качества электроснабжения
3. Снижение числа аварийных ситуаций

Спасибо за внимание!

ЗАО СуперОкс  
Научный пр. 20-2  
117246 Москва, Россия  
[www.superox.ru](http://www.superox.ru)