



Москва, 29 сентября - 1 октября

SuperOx

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ И ВЫСТАВКА

РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА ЭНЕРГОСИСТЕМ 2021

Особенности построения систем РЗА в сетях с применением токоограничивающих устройств на основе высокотемпературной сверхпроводимости (ВТСП ТОУ)

Мойzych М.Е., Устюжанин П.А., Горбунова
Д.А., Журавлев С.В., Тельнова А.И.

ЗАО «СуперОкс»

Россия

Мойzych Михаил Евгеньевич



ПРИНЦИП РАБОТЫ ВТСП ТОУ

Принцип работы

Ток номинальный (~ 1000 А)



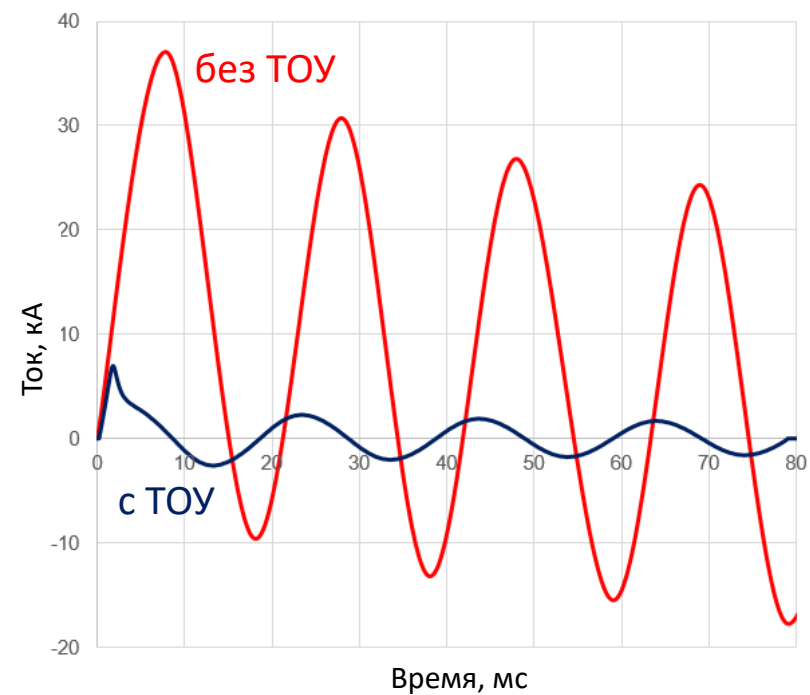
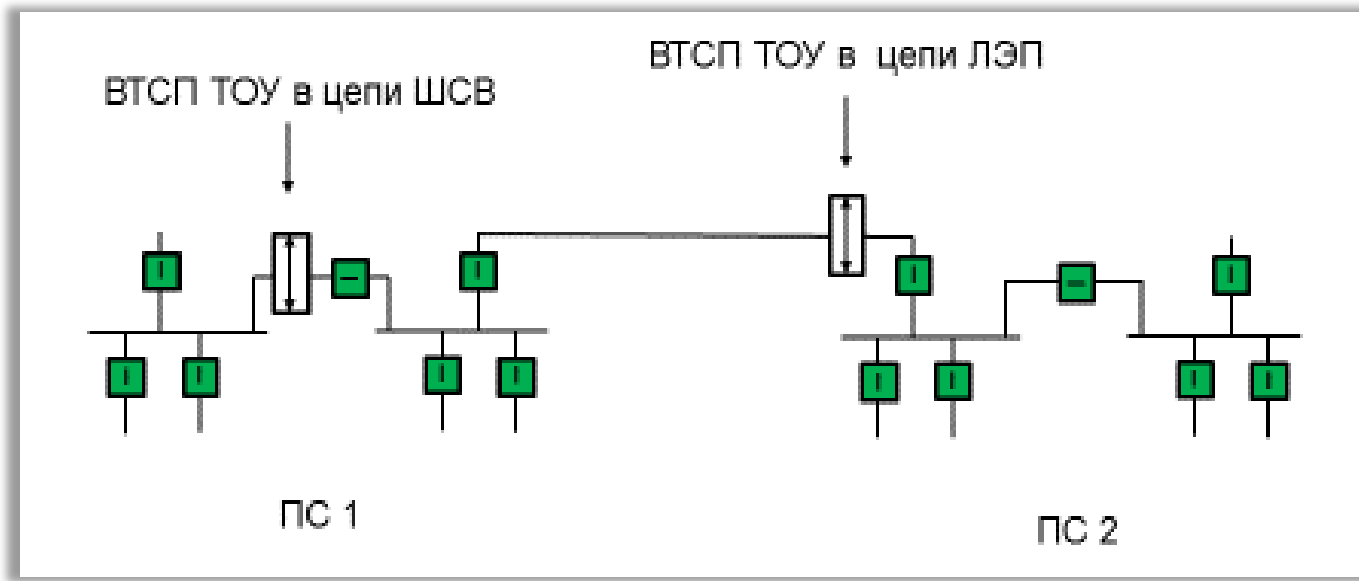
нет сопротивления

Ток КЗ (5 – 60+ кА)



ВТСП ТОУ > 40 Ом

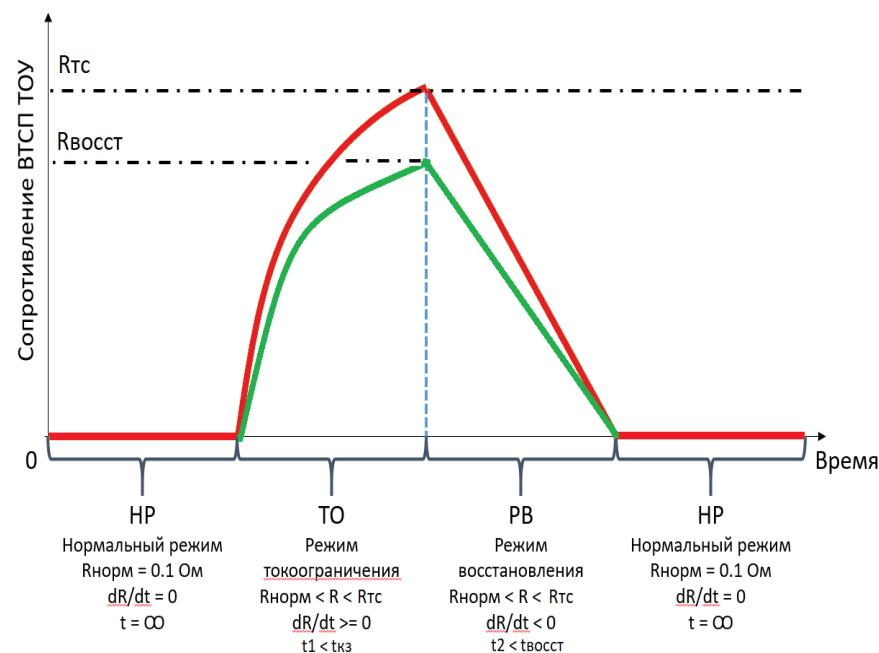
Места установки



Токоограничивающая характеристика ВТСП ТОУ
(испытания в KERI, Ю.Корея)



ХАРАКТЕРИСТИКА РЕЖИМОВ РАБОТЫ ВТСП ТООУ



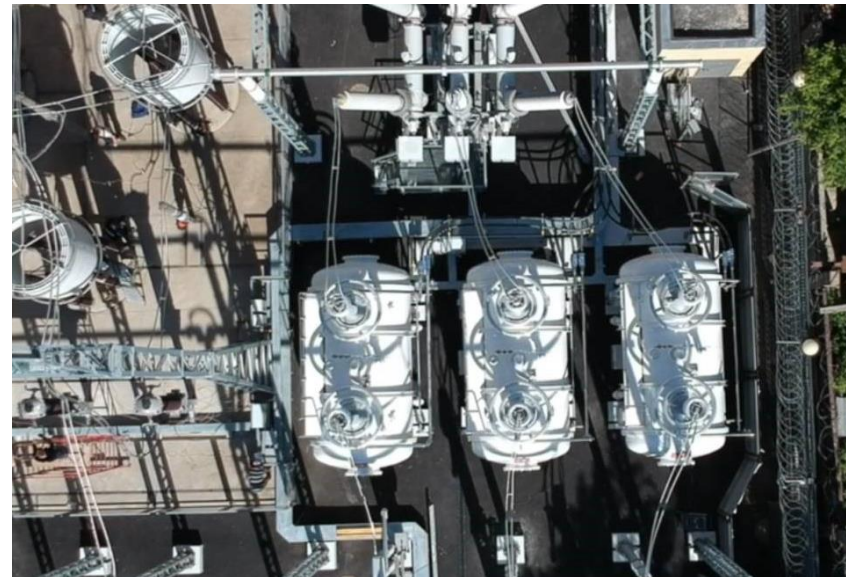
Обозначение	Определение	Ориентировочное значение
$R_{\text{норм}}$	Сопротивление ВТСП ТООУ в нормальном режиме работы	0,1 Ом
dR/dt	Изменение сопротивления ВТСП ТООУ по времени: больше нуля – режим токоограничения, сопротивление растет; меньше нуля – режим восстановления, сопротивление уменьшается; равно нулю – не изменяется	
R_{tc}	Максимальное сопротивление которое ВТСП ТООУ может развить без повреждения к моменту достижения термической стойкости (на момент достижения R_{tc} ВТСП ТООУ уже должен быть отключен от сети)	90-150 Ом, в зависимости от конструкции
$R_{\text{восст}}$	Сопротивление ВТСП ТООУ, при котором возможно восстановление до $R_{\text{норм}}$ без отключения ВТСП ТООУ от сети	60 Ом
$t_{\text{кз}}$	Максимальное время режима токоограничения – время, в течение которого ВТСП ТООУ может находиться в резистивном режиме (участок ТО, рис.1), если сопротивление ВТСП ТООУ не превышает $R_{\text{восст}}$	6 с
$t_{\text{восст}}$	Максимальное время режима восстановления	от 5 до 47 секунд (в зависимости от конструкции)
t_1	Фактическое время режима токоограничения	
t_2	Фактическое время режима восстановления	
t_{ao}	Максимальное рекомендуемое время отключения ВТСП ТООУ после превышения $R_{\text{восст}}$.	500 мс

Нелинейная характеристика сопротивления ВТСП ТООУ требует новых подходов к построению РЗА прилегающей сети



ПИЛОТНЫЙ ПРОЕКТ ВТСП ТОУ 220 кВ НА ПС «МНЕВНИКИ» (АО «ОЭК»)

- Первый ВТСП ТОУ В России;
- Самый мощный ВТСП ТОУ в мире;
- Установка в КЛ 220 кВ «Очаково-Мневники» -1 параллельно ранее установленному токоограничивающему реактору (ТОР)
- В электрической сети города Москвы с 2019 года;
- Показана эффективность токоограничения при коротких замыканиях в городской сети;
- Технические характеристики проекта подтверждены.

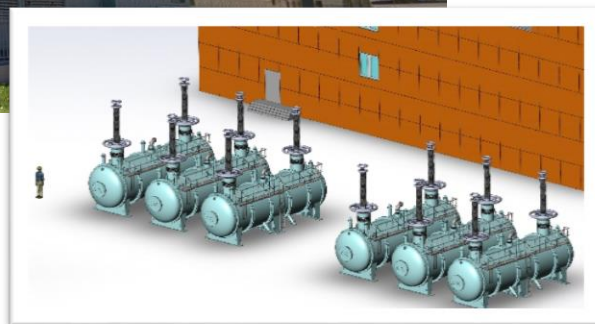
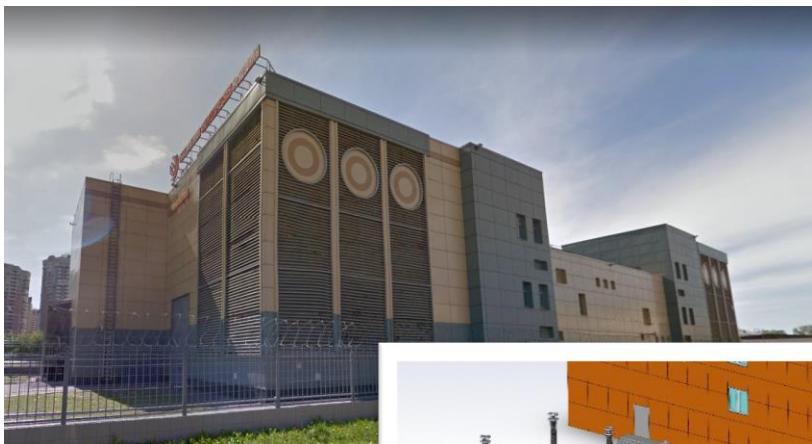




МАСШТАБИРОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ В МОСКВЕ И САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Москва

- Установка двух ВТСП ТОУ 220 кВ;
- Открытый тип размещения ВТСП ТОУ;



Санкт-Петербург

- Установка двух ВТСП ТОУ 110 кВ;
- Закрытый тип размещения ВТСП ТОУ;



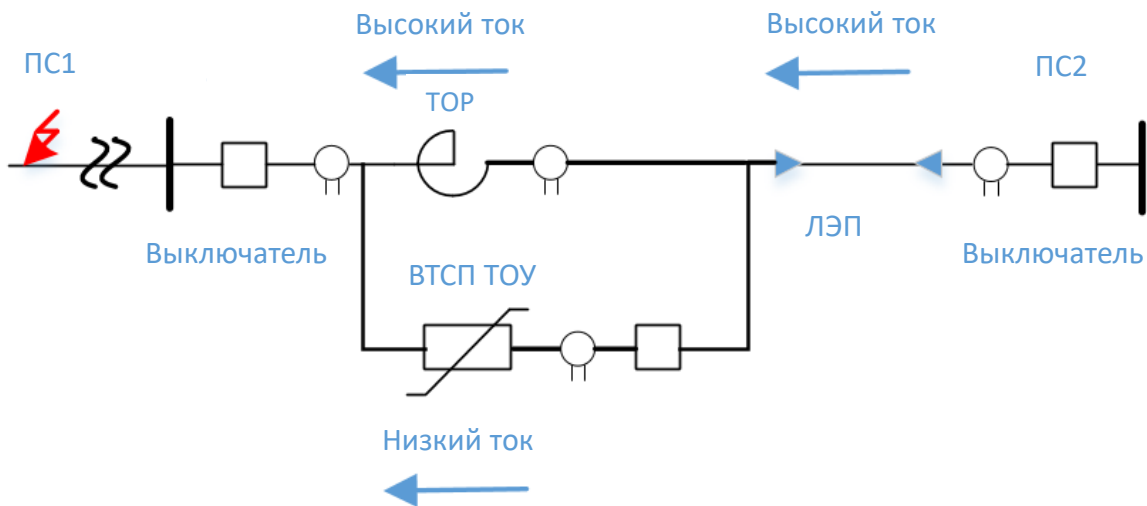
Серийное применение ВТСП ТОУ требует оборудования с новыми техническими характеристиками



УСТАНОВКА ВТСП ТОУ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО С ЛЭП

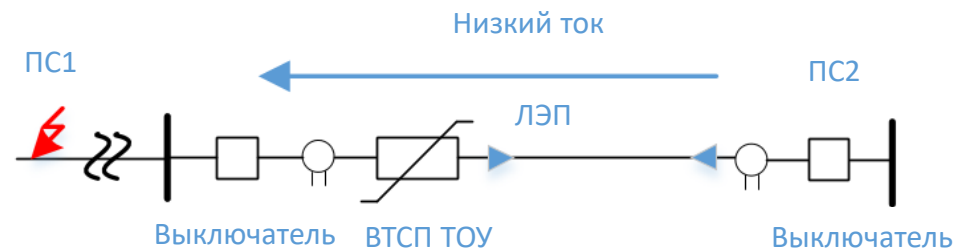
Пилотный проект: ВТСП ТОУ параллельно с ТОР

- Общее сопротивление близко к сопротивлению ТОР
- Восстановление под нагрузкой опционально



Серийный проект: ВТСП ТОУ последовательно с ЛЭП

- Общее сопротивление обеспечивает отключающую способность выключателей (общее сопротивление равно полному сопротивлению ВТСП ТОУ).
- Требуется восстановление под нагрузкой

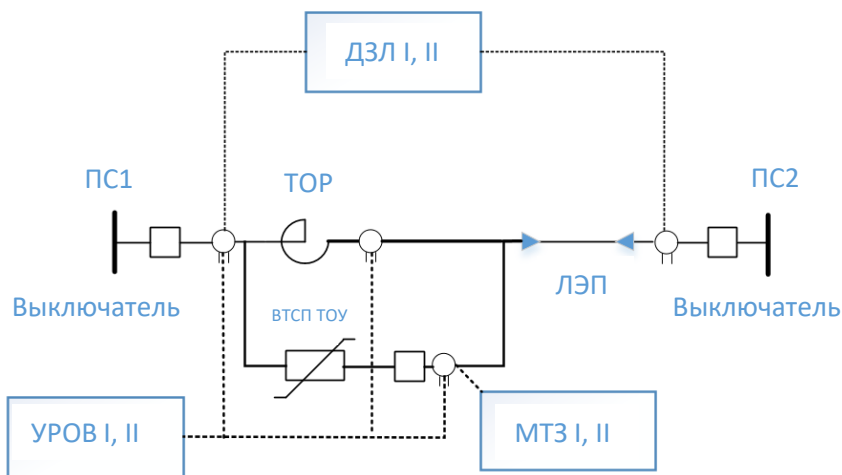


Эффективное ограничение 40 Ом (ВТСП ТОУ 220 кВ) возможно только при установке ВТСП ТОУ последовательно с ЛЭП.



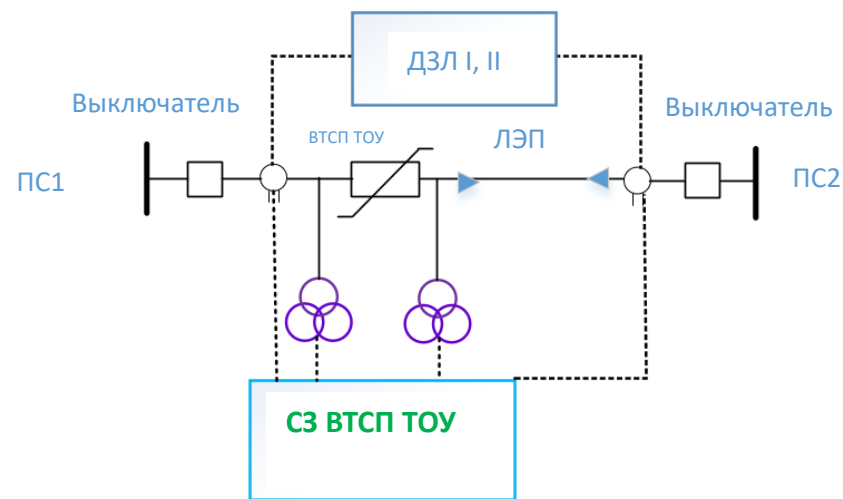
РАЗЛИЧИЯ В ПОСТРОЕНИИ РЗА ПИЛОТНОГО ПРОЕКТА И СЕРИЙНОГО

Пилотный проект



КСЗ – защита только КЛ;
ДЗЛ – 2 комплекта;
ДЗОШ – 2 комплекта;
МТЗ – 2 комплекта.

Серийный проект

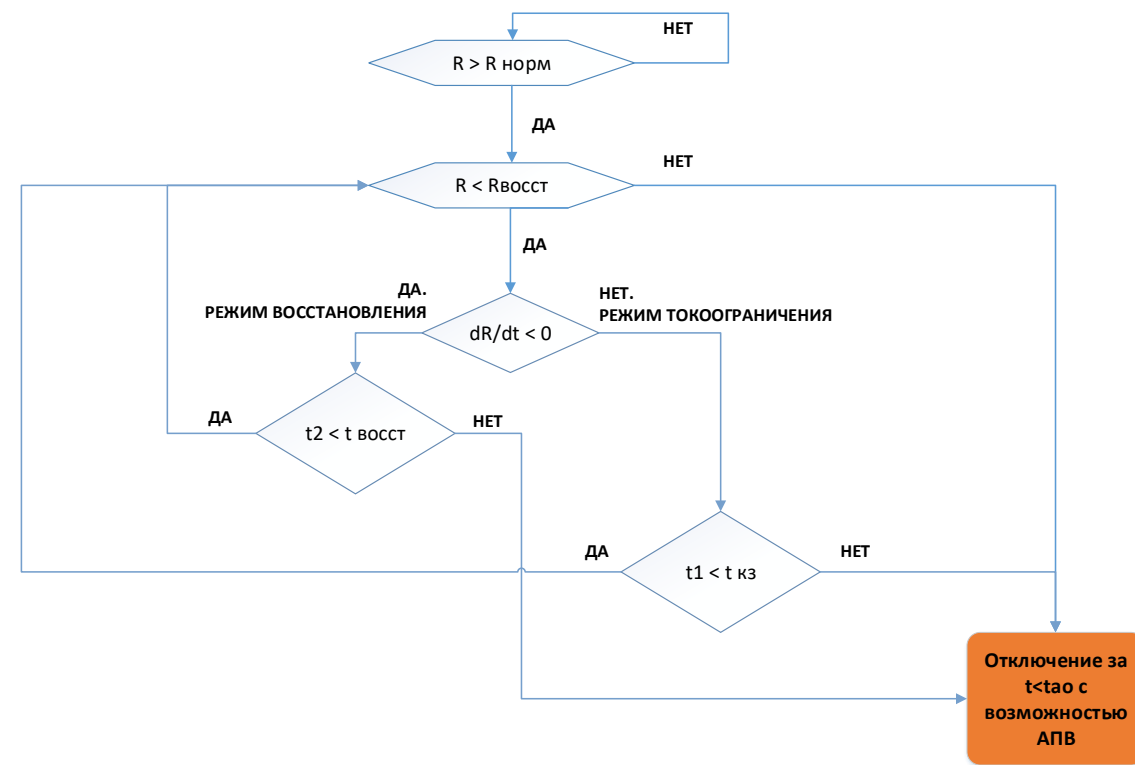
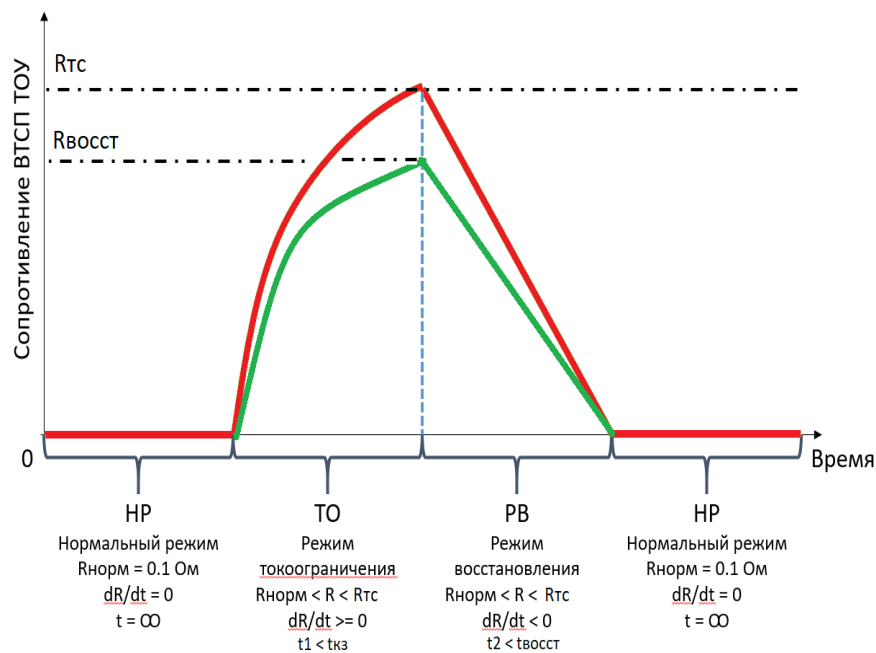


КСЗ – не используются для защиты КЛ и ВТСП ТОУ;
ДЗЛ – 2 комплекта;
Собственная защита ВТСП ТОУ (СЗ ВТСП ТОУ) – 2 комплекта;
МТЗ – 2 комплекта (на время опытной эксплуатации).

Собственная защита ВТСП ТОУ - новая защита, контролирующая сопротивление ВТСП ТОУ и позволяющая задействовать функционал ВТСП ТОУ в полном объеме



АЛГОРИТМ РАБОТЫ СОБСТВЕННЫХ ЗАЩИТ ВТСП ТООУ

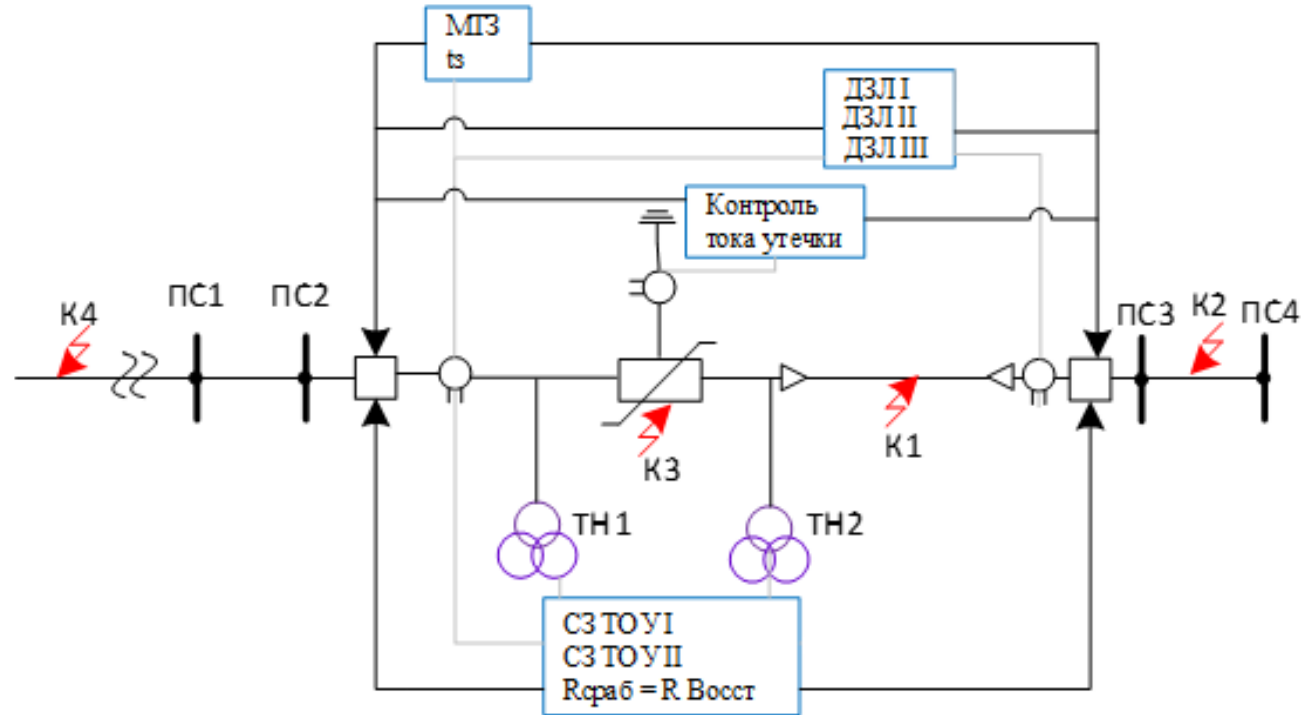


Функции собственной защиты ВТСП ТООУ

- Определение условий восстановления ВТСП ТООУ
- Отключение ВТСП ТООУ при превышении сопротивления восстановления (невозможности восстановления)
- Координация с работой защит при удаленных КЗ



ПРИМЕРЫ



Ликвидация КЗ в точках К1-К4

- К1: ДЗЛ (2 к), собственная защита (2 к), МТЗ (2 к, в ходе опытной эксплуатации)
- К2, К4: основные и резервные защиты поврежденной линии, СЗ (только при превышении сопротивления восстановления ВТСП ТОУ)
- К3: ДЗЛ (2 к), собственная защита (2 к), МТЗ (2 к, в ходе опытной эксплуатации)



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- На основании опыта эксплуатации пилотного проекта ВТСП ТОУ (ПС 220 кВ Мневники, 2019-2021) разработаны технические требования к серийному ВТСП ТОУ (ЗАО «СуперОкс», АО «ОЭК», АО «СО «ЕЭС», ПАО «Россети»);
- Разработан ВТСП ТОУ, удовлетворяющий новым требованиям, предложены технические характеристики (в первую очередь, характеристика сопротивления ВТСП ТОУ);
- Предложена концепция нового типа защит для сетей с ВТСП ТОУ – т.н. собственные защиты, контролирующие сопротивление ВТСП ТОУ;
- Предложена схема построения РЗА сети с применением собственных защит.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Контакты:

m.mozzykh@superox.ru

+7 916 974 62 11