

Опыт применения резистивного заземления нейтралей в компании «Россети Урал»

Дмитриев Игорь Николаевич
К.т.н., начальник Департамента эксплуатации и ТОиР «Россети Урал»
(ОАО «МРСК Урала»)

2023 / 5–6 июля

Москва / Конгресс-центр ЦМТ



VIII Международная
научно-техническая конференция

«Развитие и повышение надежности
распределительных электрических сетей»

ОРГАНИЗАТОРЫ

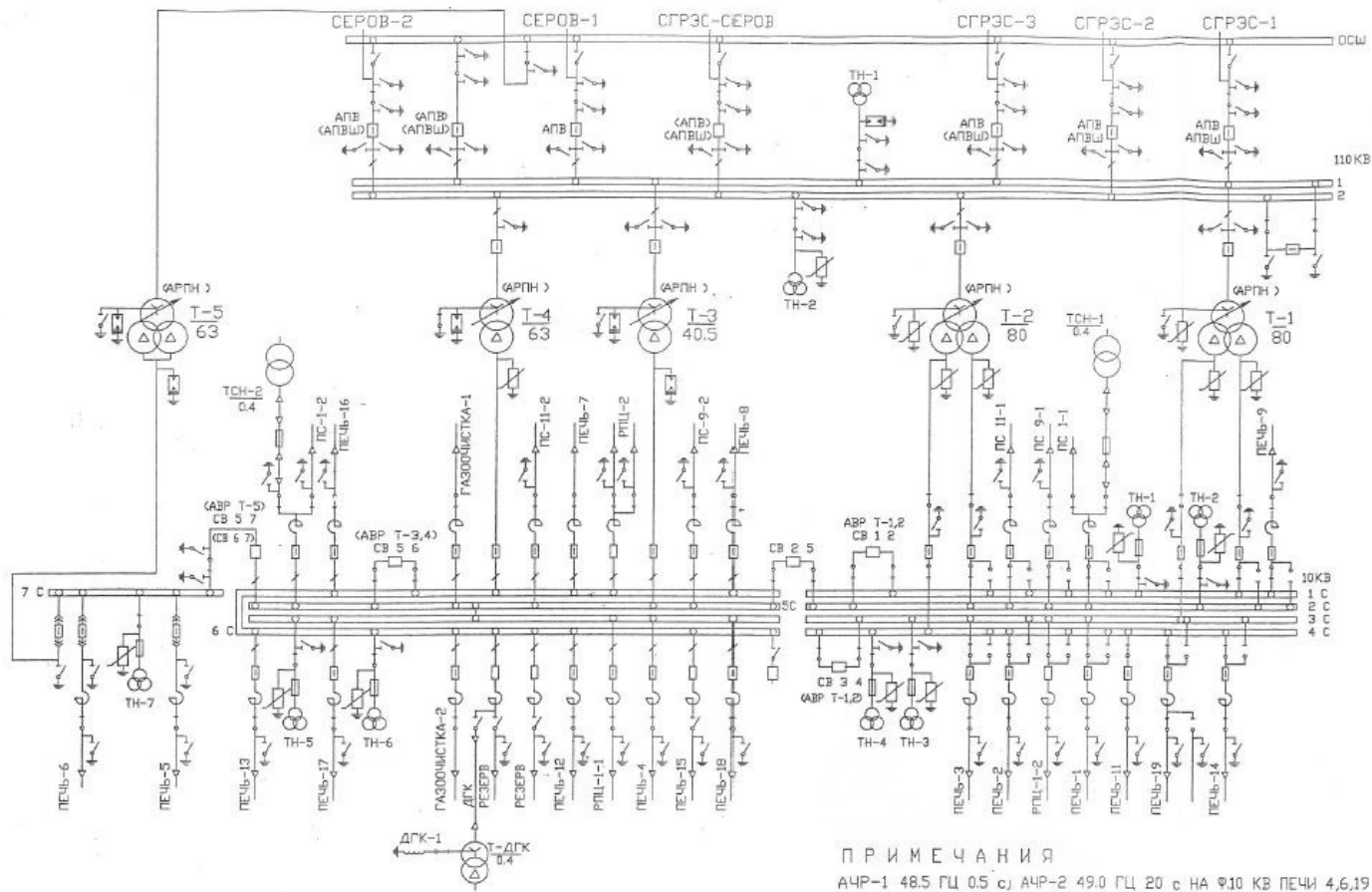


Описание объекта ПС 110/10 кВ Ферросплав до реконструкции

Характеристики ПС 110/10 кВ Ферросплав до реконструкции

Год ввода подстанции	1955 год
Силовые трансформаторы	2 СТ 80 000 кВА 2 СТ 63 000 кВА 1 СТ 40 500 кВА
Установленная мощность трансформаторов	326 500 кВА
Токоограничивающие реакторы	РБ(А)-10 31 шт.
Полный емкостной ток ОЗЗ в сети 10 кВ	66,76 А

Режим работы нейтрали сети 10 кВ-изолированная



ПРИМЕЧАНИЯ

АЧР-1 48,5 ГЦ 0,5 с; АЧР-2 49,0 ГЦ 20 с на Φ 10 КВ ПЕЧИ 4,6,19
 АЧР-1 48,6 ГЦ 0,5 с на Φ 10 КВ ПЕЧИ 1,2,3
 АЧР-2 49,0 ГЦ 15 с на Φ 10 КВ ПЕЧИ 1,2,3,11,12,13,14,5
 АЧР-1 47,0 ГЦ 0,5 с; АЧР-2 49,0 ГЦ 40 с на Φ 10 КВ ПЕЧИ 15,16,17,18
 АЧР СПЕЩОЧЕРЕДЬ 49,2 ГЦ 0,5 с на Φ 10 КВ ПЕЧИ С 1 ПО 6 И С 11 ПО 19
 АРЛ 120 А 90 КВ 7 с на Φ 10 КВ ПЕЧИ 1,2,3,4,6,11,12,13,14,15,16,17,18
 — — — У РАЗЪЕДИНИТЕЛЕЙ СНЯТА РУЧКА ПРИВОДА

ДЗШ-10	ПРИСОЕДИНЕНИЯ
1 СЕКЦ.Ш.	ВМ 10 КВ Т-1 1 СЕКЦ.Ш., СВ 1 2
3 СЕКЦ.Ш.	ВМ 10 КВ Т-1 3 СЕКЦ.Ш., СВ 3 4
2 СЕКЦ.Ш.	ВМ 10 КВ Т-2 2 СЕКЦ.Ш., СВ 1 2, СВ 2 5
4 СЕКЦ.Ш.	ВМ 10 КВ Т-2 4 СЕКЦ.Ш., СВ 3 4
5 СЕКЦ.Ш.	ВМ 10 КВ Т-3, СВ 5 6, СВ 2 5, СВ 5 7
6 СЕКЦ.Ш.	ВМ 10 КВ Т-4, СВ 5 6 (СВ 6-7)
7 СЕКЦ.Ш.	ВМ 10 КВ Т-5, СВ 5 7

ДЗШФ НА ВСЕ ВМ 110
 КРОМЕ Т-1,2,3,4,5
 УРОВ АСС

СОГЛАСОВАНО РДУ 'СВЕРДЛОВЭНЕРГО'		СЕРОВСКИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ		ПС ФЕРРОСПЛАВ 110/10КВ ВРЕМЕННАЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ СХЕМА	
Нач.ОДС	АБРОСИМОВ	Глинзнер	ШИПУЛИН	н/п	24.03.03
Нач.СРЗА	Мартыанов	Нач.ОДС	ГОЛОВКОВА	н/п	24.03.03
Верно	Птицино	Нач.СРЗЗ	МАЛЫХ	н/п	24.03.03
СОГЛАСОВАНО ОАО 'СВЕРДЛОВЭНЕРГО'		Нач.СПС	МАЛЫШЕВ	н/п	24.03.03
Нач.ЦСРЗАИ	Волков	Составил	ХАЛЯВИНА	н/п	24.03.03
Нач.ЭТС	Кодяжская				

Особенности электроснабжения Серовского завода ферросплавов

Основные характеристики завода:

Цех 1: 9 руднотермических электрических печей мощностью 16,5-23 МВА, работающих с закрытой дугой в непрерывном режиме. Суммарная мощность печей 152,5 МВА.

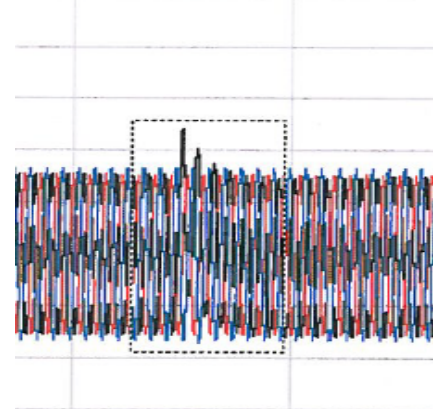
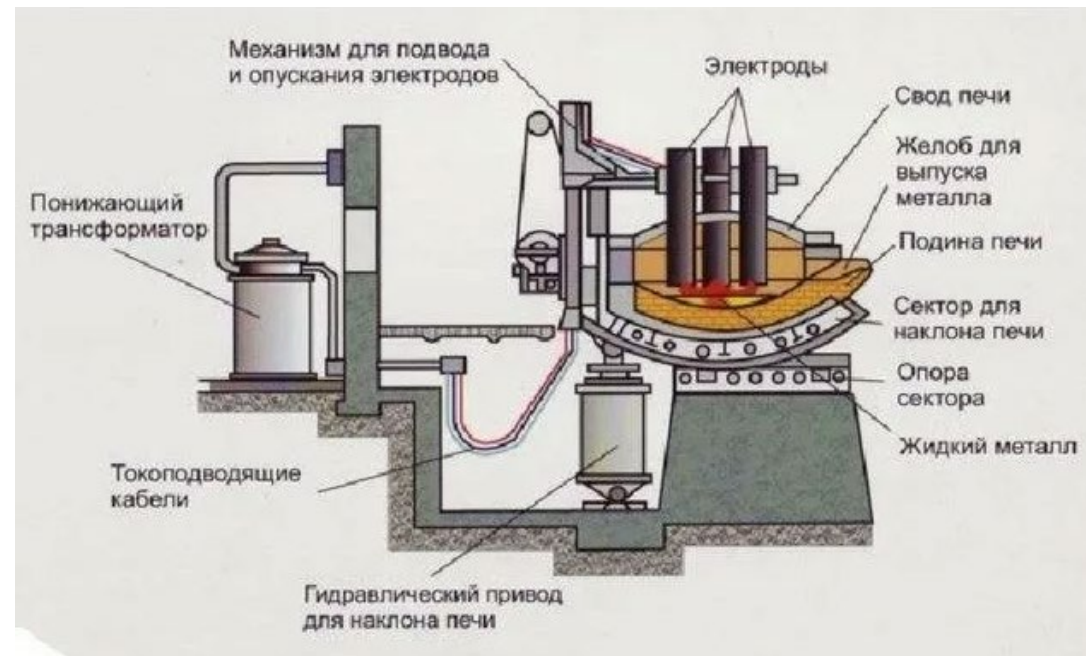
Цех 2: 9 руднотермических электрических печей мощностью 5-7 МВА с открытой электрической дугой с периодическим технологическим процессом. Суммарная мощность печей 55 МВА.

Электроснабжение сети 10 кВ завода осуществляется от ПС «Ферросплав» 110/10 по кабельным линиям длиной до 1300 м.

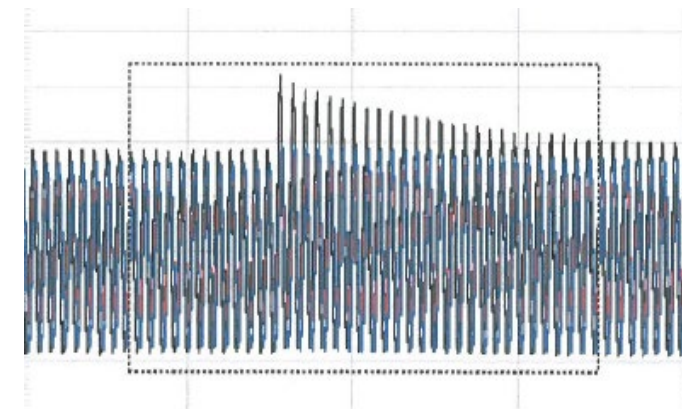
Плавление происходит погружением электродов дуговых электроплавильных печей открытого типа в шихту.

Наличие импульсного характера нагрузок, содержащего высшие гармоники. Несимметрия и несинусоидальность фазных напряжений.

Наличие бросков напряжений, резкопеременного изменения нагрузки, бросков тока.

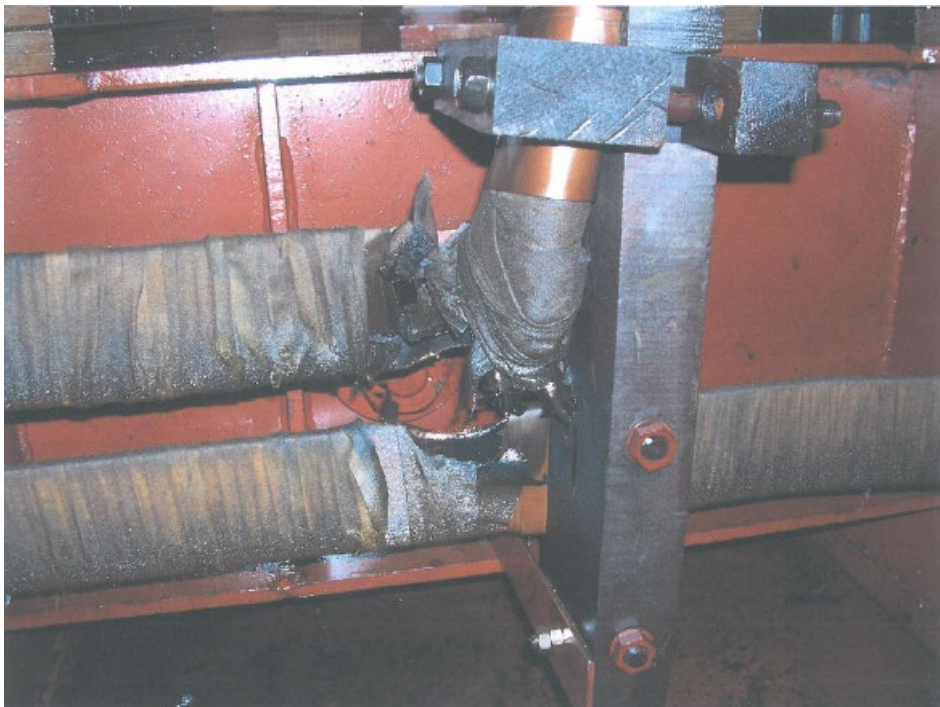


Диаг. 1. Броски напряжения



Диаг. 2. Броски тока

Проблематика. Аварийность оборудования ПС 110/10 кВ Ферросплав



Повреждение силового трансформатора Т-4 ПС 110/10 кВ Ферросплав.

07.05.2006 произошло повреждение трансформатора Т-4 типа ТДНГУ-63000/110. В результате ТН были обесточены 7 печей завода, недоотпуск электроэнергии 2088,1 тыс. кВт*ч.



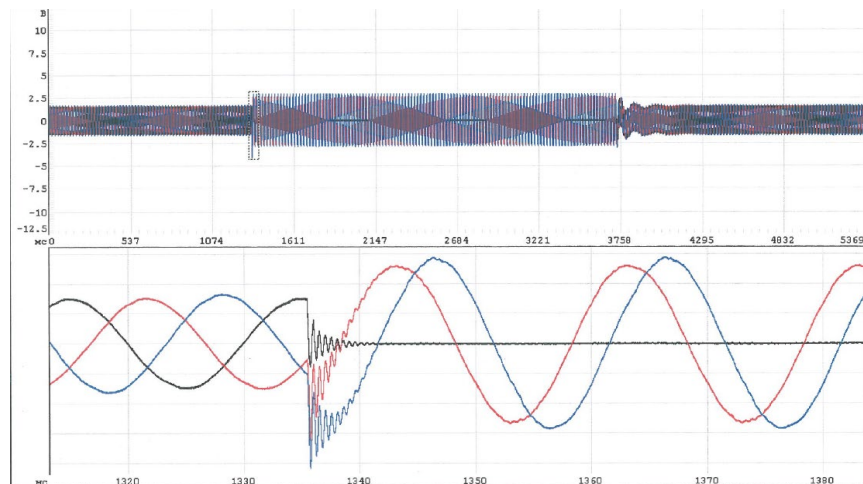
Повреждение силового трансформатора Т-1 ПС 110/10 кВ Ферросплав.

12.06.2006 произошло повреждение трансформатора Т-1 типа ТДНГУ-63000/110 с возгоранием. В результате ТН были обесточены все печи завода.

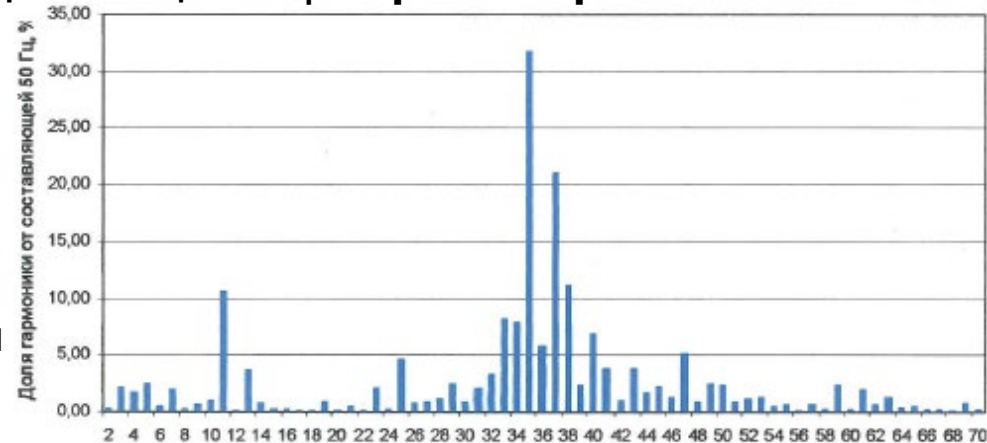
Причины повреждения оборудования на ПС 110/10 кВ Ферросплав

Обследование и моделирование нагрузок сети 10 кВ ПС 110/10 кВ Ферросплав показали:

1. В установившихся токах однофазного замыкания на землю присутствуют высшие гармонические составляющие. Величина высших гармоник в токе ОЗЗ составляет **18-32 %**. Приводит к **повышенному нагреву** токоведущих частей оборудования.
2. Наличие бросков напряжений и бросков тока. Наибольшая зарегистрированная величина броска напряжения составила **1,55 Уф**. Зарегистрированный процесс броска тока в сети 10 кВ составила **1,47 Iф**.
3. Анализ переходных процессов сети 10 кВ ПС 110/10 кВ Ферросплав показал: при ОДЗ возникают опасные для изоляции оборудования **перенапряжения кратностью 3-3,3 Уф**.
4. Первоочередное мероприятие по снижению дуговых перенапряжений и ограничения резонансных явлений - заземление нейтрали сети 10 кВ каждой секции через **резистор типа РЗ-500-68-10 номиналом 500 Ом** через ФМЗ0-200/11.



Диagr. 3.
Многократность
перенапряжений
при ОЗЗ



Диagr. 4.
Гармонический
состав тока
металлического
ОЗЗ

1 этап. Установка резисторов на 10 и 11 с.ш. 10 кВ ПС Ферросплав (2008 г)

Установлены 2 резистора РЗ-500-68-10

Наименование параметра	Нормируемое значение
Номинальное напряжение сети, кВ	10
Номинальное напряжение резистора, кВ	5,8
Номинальная мощность, кВт	68
Сопротивление, Ом	500±10%
Сопротивление изоляции, кВ	24
Количество резистивных блоков	3
Количество резистивных элементов ЭРЗ в одном блоке резистора, шт.	24

Емкостные токи ОЗЗ секций шин 10 кВ ПС Ферросплав		
Секция шин	Длина кабельных отходящих линий 10 кВ, км	Емкостной ток однофазного замыкания на землю, А
10 СШ	2,3	8,9
11 СШ	2,5	7,1

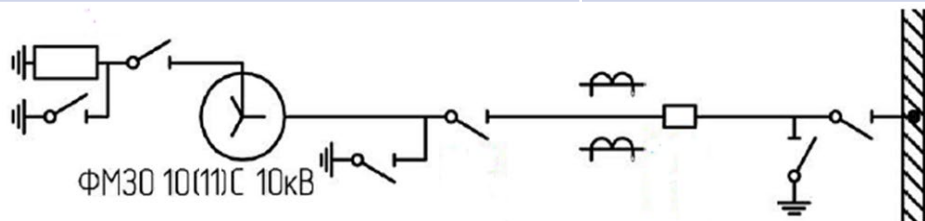
Исследования 2009 г

Ликвидированы резонансные явления. !

При ОДЗ дуга горит устойчиво, активный ток замыкания (25,1 А) в 1,8-2,5 раза превышает расчетный емкостный ток ОЗЗ.



Перенапряжения при ОЗЗ **менее 2,3Uф.** !



2 этап. Реконструкция ПС 110/10 кВ Ферросплав

Характеристики ПС 110/10 кВ Ферросплав

**Режим работы нейтрали сети
10 кВ-заземленная**

Год ввода	1955 г.
Год реконструкции	2014 г.
Класс напряжения ПС	110/10 кВ
Силовые трансформаторы	2 СТ 63 000 кВА 4 СТ 80 000 кВА
Установленная мощность силовых трансформаторов	446 000 кВА
Количество отходящих линий 10 кВ	27 шт.
Токоограничивающие ректоры	РТСТ-10-2500 12 шт.
Резисторы РЗ-500-68-10	11 шт.

Характеристики кабельной сети 10 кВ ПС 110/10 кВ Ферросплав

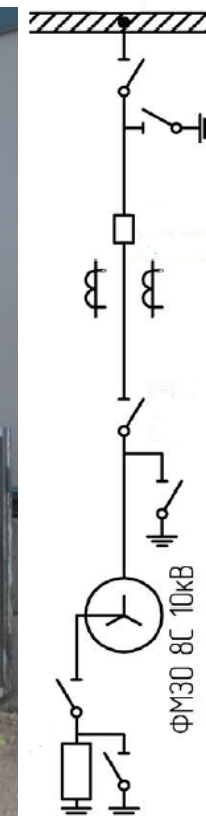
Расчетные емкостные токи ОЗЗ секций шин 10 кВ ПС Ферросплав		
Секция шин	Длина кабельных отходящих линий 10 кВ, км	Емкостной ток однофазного замыкания на землю, А
1 СШ	2,55	5,7
2 СШ	1,6	2,1
3 СШ	4,56	4,7
4 СШ	4,36	4,6
5 СШ	12,34	14
6 СШ	11,81	12,8
7 СШ	4,87	8,3
8 СШ	2,2	5,4
9 СШ	1,9	6
10 СШ	2,3	7,7
11 СШ	2,5	8,7

Суммарный емкостный ток сети 10 кВ ПС 110/10 кВ Ферросплав при всех подключенных соединениях 82,2 А

Установка резисторов на ПС Ферросплав

Технические характеристики резистора РЗ-500-68-10 ПС 110/10 кВ Ферросплав
Установлены 11 резисторов (на каждую секцию шин 10 кВ)

Наименование параметра	Нормируемое значение
Номинальное напряжение сети, кВ	10
Номинальное напряжение резистора, кВ	5,8
Номинальная мощность, кВт	68
Сопротивление, Ом	500±10%
Сопротивление изоляции, кВ	24
Количество резистивных блоков	3
Количество резистивных элементов ЭРЗ в одном блоке резистора, шт.	24
Масса блока, кг.	550



Защиты присоединений 10 кВ на ПС Ферросплав

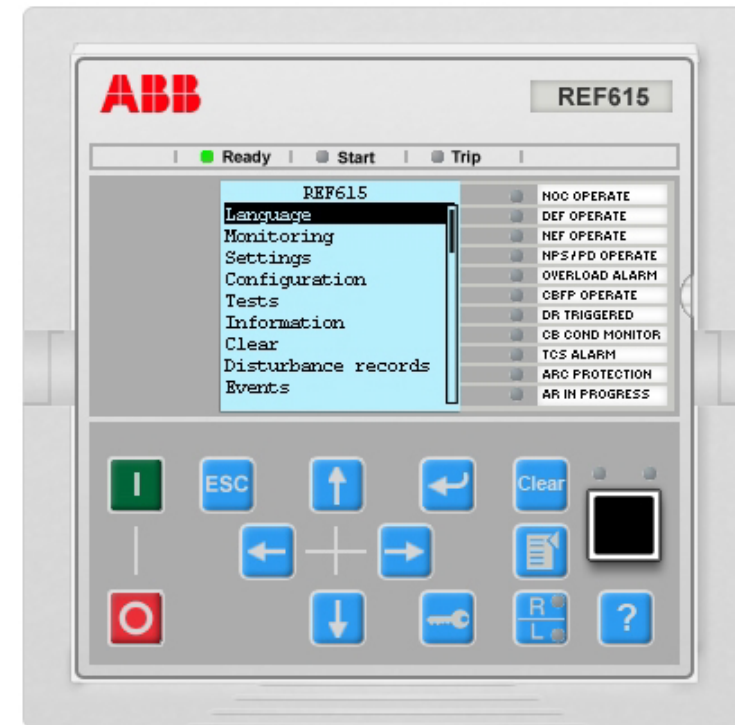
Параметры защит систем шин 10 кВ ПС 110/10 кВ Ферросплав:

Устойчивым признаком повреждённого присоединения - протекание активного тока порядка **11,5 А** через установленный резистор. По неповреждённым линиям протекают преимущественно реактивные токи (собственный ёмкостный ток присоединения и ток утечки по изоляции).

Селективная защита (ТЗНП) от однофазных замыканий на землю в сети 10 кВ выполнена в микропроцессорном устройстве (REF-615). ТЗНП включена на трансформаторы тока нулевой последовательности (ТТНП), установленные на силовых кабелях отходящих присоединений 10 кВ.

! При появлении однофазного замыкания на землю защита действует на **сигнал с выдержкой времени 0,4 сек** или на **отключение с выдержкой времени 1,5 сек выключателя 10 кВ** соответствующего присоединения.

Отключение поврежденного оборудования при возникновении ОЗЗ повышает надёжность эксплуатации кабелей, прежде всего с изоляцией из сшитого полиэтилена, силовых и измерительных трансформаторов, токоограничивающих реакторов и других элементов сети.



Выводы

1. Применение высокоомных резисторов 10 кВ на ПС 110/10 Ферросплав существенно снизило перенапряжения при ОДЗ.
2. Применение режима резистивного заземления нейтрали и селективных защит (ТЗНП) от однофазных замыканий на землю в сети 10 кВ с отключением поврежденного участка позволило избежать повреждений оборудования ПС 110/10 кВ Ферросплав после реконструкции.
3. Значительно снизилось количество аварий и повреждений оборудования Серовского завода ферросплавов.

Спасибо за внимание!

