Республика Казахстан
Товарищество с ограниченной ответственностью
"SK TITAN ENGINEERING COMPANY"

Государственная лицензия №02795 от 05.03.2018 г.

Заказчик: АО "Мангистауская региональная электросетевая компания"

«Модернизация (реконструкция) оборудования ЗРУ-10 кВ ПС-110/10 кВ «ГПП-2Г»

РАБОЧИЙ ПРОЕКТ

Релейная защита и автоматика элементов подстанции и сети. Расчеты. Прилагаемый комплект

24-23/0244-24-05-2019-РЗ.РУ1

Директор ТОО «SK Titan Engineering Company» Каюпов О.

Главный инженер проекта Бегендик Б.

Изм.	№ док.	Подп.	Дата
1	22-2020		02.2020

Актау - 2019

Содержание

1 Расчёт вторичных цепей трансформаторов тока 2
2 Расчёт уставок защит 7
2.1 Секционный выключатель 10 кВ 7
2.1.1 Максимальная токовая защита 7
2.1.2 Логическая защита шин 8
2.1.3 Устройство резервирования отказа выключателя 8
2.2 Вводной выключатель 10 кВ 9
2.2.1 Максимальная токовая защита 9
2.2.2 Логическая защита шин 10
2.2.3 Защита минимального напряжения 10
2.2.4 Устройство резервирования отказа выключателя 10
2.3 Силовой трансформатор 110/10 кВ Т3 11
2.3.1 Дифференциальная токовая защита с торможением 11
2.3.2 Максимальная токовая защита стороны ВН 14
2.3.3 Защита от перегрузки стороны ВН 15
2.3.4 Автоматика охлаждения стороны ВН 16
2.3.5 Устройство резервирования отказа выключателя стороны ВН 16
2.3.6 Блокировка РПН по току 17
2.3.7 Блокировка РПН по напряжению 17
2.3.8 Автоматическое поддержание напряжения 17
2.4 Силовой трансформатор 110/10 кВ Т1(Т2) 17
2.4.1 Дифференциальная токовая защита с торможением 17
2.4.2 Максимальная токовая защита стороны ВН 21
2.4.3 Защита от перегрузки стороны ВН 22
2.4.4 Автоматика охлаждения стороны ВН 22
2.4.5 Устройство резервирования отказа выключателя стороны ВН 23
2.4.6 Блокировка РПН по току 23
2.4.7 Блокировка РПН по напряжению 23
2.4.8 Автоматическое поддержание напряжения 24

1 Расчёт вторичных цепей трансформаторов тока

В соответствии с ПУЭ в целях предотвращения излишних срабатываний защиты при КЗ вне защищаемой зоны погрешность (полная или токовая) трансформаторов тока, предназначенных для питания токовых цепей устройств релейной защиты от КЗ, не должна превышать 10%.

Задача проверки трансформаторов тока сводится к определению допустимой нагрузки на ТТ, т.е. нагрузки, при которой погрешности ТТ не превышают предельно допустимых значений.

По условию механической прочности, согласно ПУЭ (п.3.4.4.1) «жилы контрольных кабелей для присоединения под винт к зажимам панелей и аппаратов должны иметь сечения не менее 1,5 мм^2, (а при применении специальных зажимов – не менее 1,0 мм^2) для меди и 2,5 мм^2 для алюминия; для токовых цепей – 2,5 мм^2 для меди и 4 мм^2 для алюминия; для неответственных вторичных цепей, для цепей контроля и сигнализации допускается присоединение под винт кабелей с медными жилами сечением 1 мм^2».

Расчёт сечений контрольных кабелей в токовых цепях и проверка трансформаторов тока по предельной кратности выполнены в соответствии с работой НИИ «Энергосетьпроект» № 5916тм-т1 «Указания по расчёту сечений жил контрольных кабелей в токовых цепях релейной защиты».

Кривые предельной кратности трансформаторов тока приведены на рисунках 1 – 2.

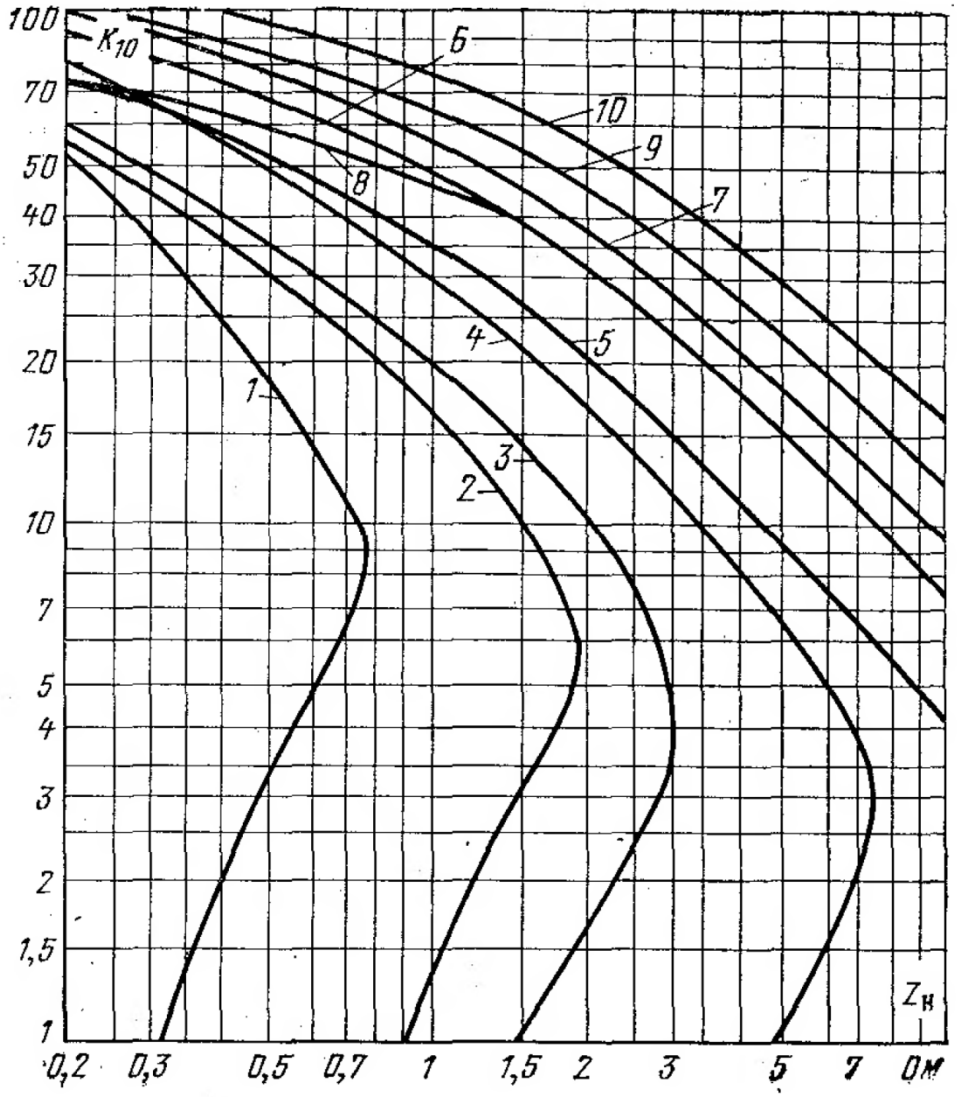

Рисунок 1 – Кривая предельной кратности ТТ типа ТВТ-110

(2 - 150/5, 3- 200/5)

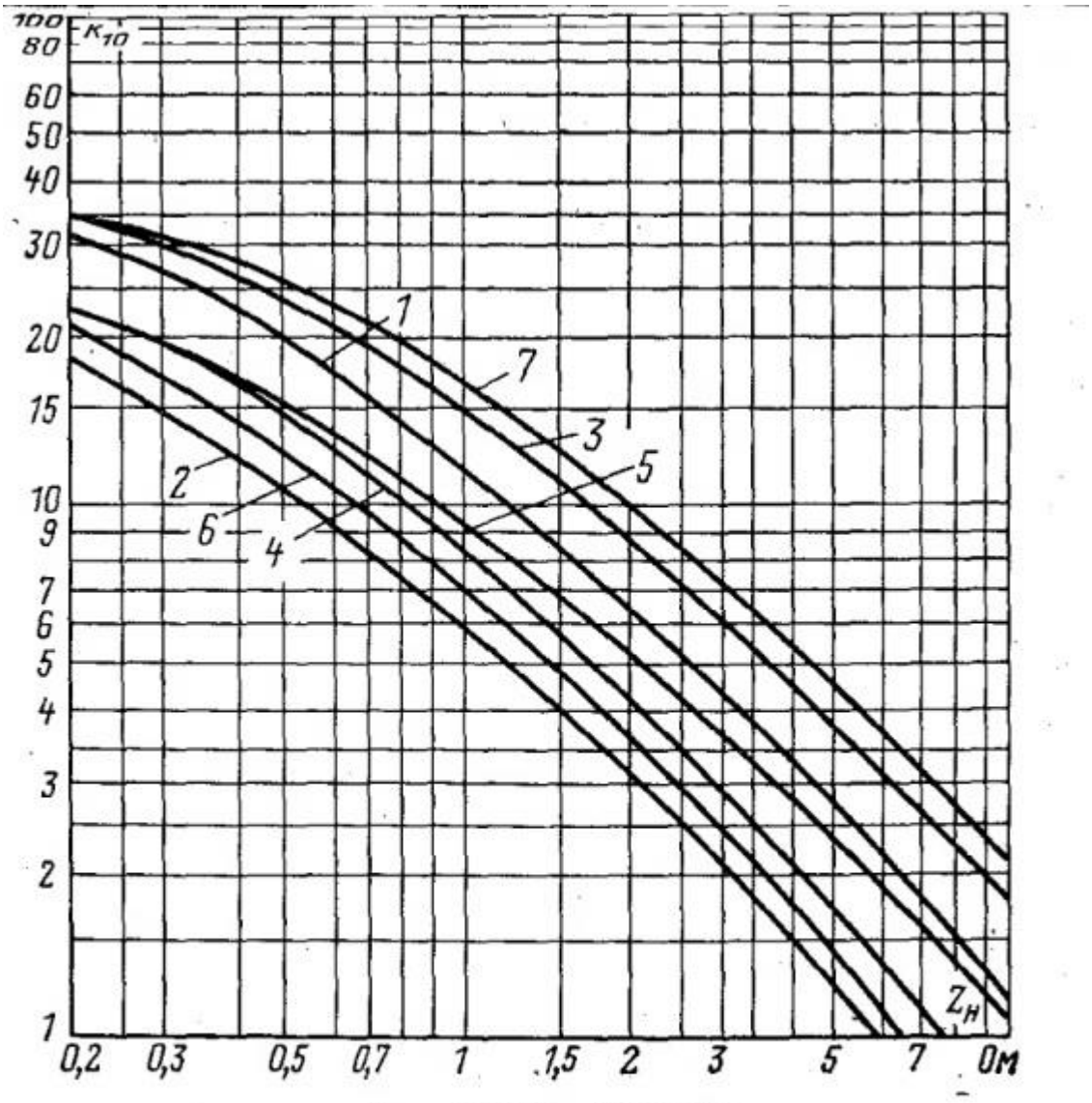

Рис. П2-15. ТОЛ-10.

1 — $n_{ном}$=50/5÷300/5; 600/5; 1000/5 класса Р; *2* — $n_{ном}$=50/5÷300/5; 600/5 класса 0,5; *3* — $n_{ном}$=400/5, 700/5 класса Р; *4* — $n_{ном}$=400/5 класса 0,5; *5* — $n_{ном}$=700/5; 1500/5 класса 0,5; *6* — $n_{ном}$=1000/5 класса 0,5; *7* — $n_{ном}$=1500/5 класса Р.

Рисунок 2 – Кривые предельной кратности ТОЛ-10

Результаты расчёта сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты расчёта вторичных цепей ТТ

Присоединение	Тип ТТ	Наименование защит	Тип КЗ	$K_{ТТ}$			$I_{РАСЧ}$, А	$I_{МАКС}$, А	$K_{РАСЧ}$	$K_{МАКС}$	$f_{ДОП}$, %	"А"	$K_{РЕЗ}$	$Z_{Ф}$, Ом	Z_0, Ом	$S_{ДОП}$, ВА	$Z_{ДОП}$, Ом	n	d	$L_{БАЗ}/Z_{ДОП}$	$L_{БАЗ}$, м	$L_{ДЕЙСТВ}$, м	$L_{ДЕЙСТВ}/L_{БАЗ}$	$s_{РАСЧ}$, мм^2	$s_{КАТАЛ}$, мм^2	$U_{2ТТ}$, В
В-Т-1-110	ТВТ-110	ШЭ2607 149 (БЭ2502А 1801): ДЗТ	трёхфаз	150	/	5	653	9137	4,35	60,91	50	2,6	23,5	0,080	0,000	17,5	0,7	0,186	1	116,44	81,51	80	0,98	2,45	6	230,05
			однофаз	150	/	5	0	9137	0,00	60,91	50	2,6	23,5	0,080	0,000	17,5	0,7	0,186	2	58,22	40,755		1,96	4,91		377,79
		ШЭ2607 149 (БЭ2502А 1802): МТЗ ВН	трёхфаз	150	/	5	251	9137	1,67	60,91	50	2,6	23,5	0,080	0,000	17,5	0,7	0,186	1	116,44	81,51	80	0,98	2,45	2,5	436,88
В-Т-2-110	ТВТ-110	ШЭ2607 149 (БЭ2502А 1801): ДЗТ	трёхфаз	150	/	5	653	9137	4,35	60,91	50	2,6	23,5	0,080	0,000	17,5	0,7	0,186	1	116,44	81,51	80	0,98	2,45	6	230,05
			однофаз	150	/	5	0	9137	0,00	60,91	50	2,6	23,5	0,080	0,000	17,5	0,7	0,186	2	58,22	40,755		1,96	4,91		377,79
		ШЭ2607 149 (БЭ2502А 1802): МТЗ ВН	трёхфаз	150	/	5	251	9137	1,67	60,91	50	2,6	23,5	0,080	0,000	17,5	0,7	0,186	1	116,44	81,51	80	0,98	2,45	2,5	436,88
В-Т-3-110	ТВТ-110	ШЭ2607 149 (БЭ2502А 1801): ДЗТ	трёхфаз	200	/	5	653	9137	3,27	45,69	50	2,6	17,6	0,080	0,000	31	1,24	0,105	1	128,01	158,73	80	0,50	1,26	4	227,94
			однофаз	200	/	5	0	9137	0,00	45,69	50	2,6	17,6	0,080	0,000	31	1,24	0,105	2	64,00	79,365		1,01	2,52		394,14
		ШЭ2607 149 (БЭ2502А 1802): МТЗ ВН	трёхфаз	200	/	5	251	9137	1,26	45,69	50	2,6	17,6	0,080	0,000	31	1,24	0,105	1	128,01	158,73	80	0,50	1,26	2,5	327,66
В-Т-1-10, В-Т-2-10, В-Т-3-10	ТОЛ-10	ШЭ2607 149 (БЭ2502А 1801, БЭ2502А 0501): ДЗТ, МТЗ НН, АРКТ	трёхфаз	2000	/	5	7179	7179	3,59	3,59	10	1,1	3,6	0,160	0,000	175	7	0,030	1	138,71	970,97	50	0,05	0,13	2,5	20,89

2 Расчёт уставок защит

2.1 Секционный выключатель 10 кВ

2.1.1 Максимальная токовая защита

Первичный ток срабатывания выбирается по условиям:

1) по условию отстройки от максимального тока нагрузки с учетом самозапуска

$$I_{с.з.} = \frac{k_{отс} \cdot k_{сзп} \cdot I_{раб.макс}}{k_{в}} = \frac{1{,}2 \cdot 1{,}3 \cdot 923{,}8}{0{,}95} = 1516{,}9 \text{ А},$$

где $k_{отс}$ – коэффициент отстройки, принимается равным 1,2;

$k_{сзп}$ – коэффициент самозапуска, принимается равным 1,3;

$I_{раб.макс}$ – максимальный ток нагрузки, принимается равным номинальному току низкой стороны трансформатора, А;

$k_{в}$ – коэффициент возврата реле, принимается равным 0,95.

2) по условию согласования с максимальными токовыми защитами отходящих присоединений

$$I_{с.з.} = \frac{k_{отс}}{k_{ток}} \cdot \left(\sum I_{с.з.пред.макс} + \sum I_{раб.макс}\right),$$

где $k_{отс}$ – коэффициент отстройки, принимается равным 1,1;

$k_{ток}$ – коэффициент токораспределения, принимается равным 1;

$\sum I_{с.з.пред.макс}$ – наибольшая из геометрических сумм токов срабатывания максимальных токовых защит параллельно работающих предыдущих элементов, А;

$\sum I_{раб.макс}$ – геометрическая сумма максимальных значений рабочих токов всех предыдущих элементов за исключением тех, с защитами которых производится согласование, А.

Выбирается максимальное значение и приводится к вторичным значениям

$$I_{с.р.} = \frac{I_{с.з.}}{k_{тт}} = \frac{1516{,}9}{2000/5} = 3{,}8\text{А},$$

где $I_{с.з.}$ – первичный расчетный ток срабатывания защиты, А;

$k_{тт}$ – коэффициент трансформации трансформатора тока.

Принимается существующая уставка $I_{с.р.} = 3{,}8$ А (1520 А первичных).

Чувствительность при двухфазном КЗ на шинах в минимальном режиме

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{к.мин}}}{I_{\text{с.з.}}} = \frac{6982 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{1520} = 4 > 1{,}5,$$

где $I_{\text{к.мин}}$ – минимальный ток через защиту при двухфазном КЗ на шинах, А;

$I_{\text{с.з.}}$ – первичный ток срабатывания защиты, А.

Чувствительность достаточна.

Выдержка времени выбирается на ступень селективности больше выдержек времени максимальных токовых защит предыдущих элементов

$$t_{\text{с.з.}} = t_{\text{с.з.пред}} + \Delta t,$$

где $t_{\text{с.з.пред}}$ – наибольшая из выдержек времени максимальных токовых защит отходящих линий, с;

Δt – ступень селективности, принимается равной 0,3 с.

Принимается выдержка времени 2 с.

2.1.2 Логическая защита шин

Уставка тока срабатывания принимается равной МТЗ. Выдержка времени принимается равной 0,1 с.

2.1.3 Устройство резервирования отказа выключателя

Первичный ток срабатывания выбирается на уровне 5-10 % от номинального

$$I_{\text{с.з.}} = 0{,}1 \cdot I_{\text{ном}} = 0{,}1 \cdot 923{,}8 = 92{,}38 \text{ А},$$

где $I_{\text{номс}}$ – номинальный ток низкой стороны трансформатора, А.

Приводится к вторичным значениям

$$I_{\text{с.р.}} = \frac{I_{\text{с.з.}}}{k_{\text{тт}}} = \frac{92{,}38}{2000/5} = 0{,}24 \text{ А},$$

где $I_{\text{с.з.}}$ – первичный расчетный ток срабатывания защиты, А;

Принимается уставка$I_{\text{с.р.}} = 0{,}24$ А (96 А первичных).

Выдержка времени принимается равной 0,3 с.

2.2 Вводной выключатель 10 кВ

2.2.1 Максимальная токовая защита

Первичный ток срабатывания выбирается по условиям:

1) по условию отстройки от максимального тока нагрузки с учетом самозапуска

$$I_{с.з.} = \frac{k_{отс} \cdot k_{сзп} \cdot I_{раб.макс}}{k_{в}} = \frac{1{,}2 \cdot 1{,}3 \cdot 923{,}8}{0{,}95} = 1516{,}9 \text{ А},$$

где $k_{отс}$ – коэффициент отстройки, принимается равным 1,2;

$k_{сзп}$ – коэффициент самозапуска, принимается равным 1,3;

$I_{раб.макс}$ – максимальный ток нагрузки, принимается равным номинальному току низкой стороны трансформатора, А;

$k_{в}$ – коэффициент возврата реле, принимается равным 0,95.

2) по условию согласования с максимальными токовыми защитами отходящих присоединений

$$I_{с.з.} = \frac{k_{отс}}{k_{ток}} \cdot \left(\sum I_{с.з.пред.макс} + \sum I_{раб.макс}\right) = 1{,}1 \cdot (1520 + 646{,}6) = 2383{,}3 \text{ А},$$

где $k_{отс}$ – коэффициент отстройки, принимается равным 1,1;

$k_{ток}$ – коэффициент токораспределения, принимается равным 1;

$\sum I_{с.з.пред.макс}$ – наибольшая из геометрических сумм токов срабатывания максимальных токовых защит параллельно работающих предыдущих элементов, А;

$\sum I_{раб.макс}$ – геометрическая сумма максимальных значений рабочих токов всех предыдущих элементов за исключением тех, с защитами которых производится согласование, А, в отсутствие данных с большим запасом принимается равной 70 % номинального тока низкой стороны трансформатора.

Выбирается максимальное значение и приводится к вторичным значениям

$$I_{с.р.} = \frac{I_{с.з.}}{k_{тт}} = \frac{2383{,}3}{2000/5} = 5{,}96 \text{ А},$$

где $I_{с.з.}$ – первичный расчетный ток срабатывания защиты, А;

$k_{тт}$ – коэффициент трансформации трансформатора тока.

Предварительно принимается уставка $I_{с.р.} = 6$ А (2400 А первичных).

Чувствительность при двухфазном КЗ на шинах в минимальном режиме

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{к.мин}}}{I_{\text{с.з.}}} = \frac{6982 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{2400} = 2{,}5 > 1{,}5,$$

где $I_{\text{к.мин}}$ – минимальный ток через защиту при двухфазном КЗ на шинах, А;

$I_{\text{с.з.}}$ – первичный ток срабатывания защиты, А.

Чувствительность достаточна.

Выдержка времени выбирается на ступень селективности больше выдержек времени максимальных токовых защит предыдущих элементов

$$t_{\text{с.з.}} = t_{\text{с.з.пред}} + \Delta t = 2 + 0{,}3 = 2{,}3 \text{ с},$$

где $t_{\text{с.з.пред}}$ – наибольшая из выдержек времени максимальных токовых защит отходящих линий, с;

Δt – ступень селективности, принимается равной 0,3 с.

Выдержка времени принимается равной 2,3 с.

2.2.2 Логическая защита шин

Уставка тока срабатывания принимается равной МТЗ. Выдержка времени принимается равной 0,1 с.

2.2.3 Защита минимального напряжения

Защита на вводе служит для облегчения АРВ.

Уставка напряжения срабатывания принимается равной 25 В вторичных.

Выдержка времени принимается аналогично выдержке времени МТЗ равной 2,3 с.

2.2.4 Устройство резервирования отказа выключателя

Первичный ток срабатывания выбирается на уровне 5-10 % от номинального

$$I_{\text{с.з.}} = 0{,}1 \cdot I_{\text{ном}} = 0{,}1 \cdot 923{,}8 = 92{,}38 \text{ А},$$

где $I_{\text{номс}}$ – номинальный ток низкой стороны трансформатора, А.

Приводится к вторичным значениям

$$I_{\text{с.р.}} = \frac{I_{\text{с.з.}}}{k_{\text{тт}}} = \frac{92{,}38}{2000/5} = 0{,}24 \text{ А},$$

где $I_{с.з.}$ – первичный расчетный ток срабатывания защиты, А;

Принимается уставка $I_{с.р.} = 0,24$ А (96 А первичных).

Выдержка времени принимается равной 0,3 с.

2.3 Силовой трансформатор 110/10 кВ Т3

2.3.1 Дифференциальная токовая защита с торможением

Вторичный базисный ток по сторонам

$$I_{баз.ВН.втор} = \frac{K_{СХ_ТТ_СТОР} \cdot K_{ВКЛ_ТТ_СТОР} \cdot K_{АТ_СТОР}}{K_{ТТ_СТОР}} \cdot \frac{S_{НОМ}}{U_{СТОР}\sqrt{3}} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 1}{200/5} \cdot \frac{16000}{115\sqrt{3}} = 2,01 \text{ А},$$

$$I_{баз.НН.втор} = \frac{K_{СХ_ТТ_СТОР} \cdot K_{ВКЛ_ТТ_СТОР} \cdot K_{АТ_СТОР}}{K_{ТТ_СТОР}} \cdot \frac{S_{НОМ}}{U_{СТОР}\sqrt{3}} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 1}{2000/5} \cdot \frac{16000}{11\sqrt{3}} = 2,1 \text{ А},$$

где $K_{СХ_ТТ_СТОР}$ – коэффициент, учитывающий схему соединения вторичных обмоток главных ТТ, принимается 1 для ТТ соединенных в «звезду», $\sqrt{3}$ для ТТ соединенных в «треугольник»;

$K_{ВКЛ_ТТ_СТОР}$ – коэффициент, учитывающий схему включения ТТ в зависимости от схемы соединения обмотки силового трансформатора данной стороны, принимается 1 для ТТ на стороне обмотки соединенной в «звезду» и для ТТ установленных снаружи обмотки соединенной в «треугольник», $1/\sqrt{3}$ для ТТ установленных внутри обмотки соединенной в «треугольник»;

$K_{АТ_СТОР}$ – коэффициент трансформации внешнего выравнивающего трансформатора, принимается равным 1;

$K_{ТТ_СТОР}$ – коэффициент трансформации трансформаторов тока стороны;

$S_{НОМ}$ – номинальная полная мощность, МВА;

$U_{СТОР}$ – номинальное напряжение стороны, кВ.

Ток начала торможения в соответствии с рекомендациями принимается равным 1 о.е.

Минимальный ток срабатывания

$$I_{Д.0} = K_{ОТС} \cdot \left(K_{ОДН} K_{ПЕР} \varepsilon + \Delta U_{РПН} + \Delta f_{ВЫР} + \Delta f_{ПТТ}\right) =$$

$$= 1,2 \cdot (1 \cdot 2 \cdot 0,1 + 0,16 + 0,02) = 0,46 \text{ о.е.},$$

где $K_{ОТС}$ – коэффициент отстройки, принимается равным 1,2;

$K_{ОДН}$ – коэффициент однотипности трансформаторов тока, принимается равным 1;

$K_{\text{ПЕР}}$ – коэффициент, учитывающий переходный процесс, принимается равным 2;

ε – относительное значение полной погрешности ТТ, принимается равной 0,1;

$\Delta U_{\text{РПН}}$ – относительная погрешность, обусловленная наличием РПН, принимается равной большему значению диапазона регулирования;

$\Delta f_{\text{ВЫР}}$ – относительная погрешность выравнивания токов плеч, принимается равной 0,02;

$\Delta f_{\text{ПТТ}}$ – относительная погрешность выравнивания внешнего трансформатора, принимается равной 0.

Принимается уставка 0,5 о.е.

Ток торможения блокировки

$$I_{\text{Т.БЛ}} = K_{\text{ОТС}} \cdot K_{\text{ПРЕД.НАГР}} \cdot \frac{I_{\text{НОМ.НАГР}}}{I_{\text{БАЗ.СТОР}}} \cdot \frac{K_{\text{СХ.ТТ.СТОР}}}{K_{\text{ТТ.СТОР}}} = 1{,}1 \cdot 1{,}8 \cdot 1 = 1{,}98 \text{ о.е.},$$

где $K_{\text{ОТС}}$ – коэффициент отстройки, принимается равным 1,1;

$K_{\text{ПРЕД.НАГР}}$ – коэффициент, определяющий предельную нагрузочную способность в зависимости от его мощности, принимается равным 1,8;

$I_{\text{НОМ.НАГР}}$ – максимально возможный сквозной ток нагрузки, А;

$I_{\text{БАЗ.СТОР}}$ – базисный ток соответствующей стороны, А;

$K_{\text{СХ.ТТ.СТОР}}$ – коэффициент, учитывающий схему соединения вторичных обмоток главных ТТ соответствующей стороны;

$K_{\text{ТТ.СТОР}}$ – коэффициент трансформации ТТ соответствующей стороны.

Принимается уставка 2 о.е.

Коэффициент торможения

$$K_{\text{Т}} = \frac{K_{\text{ОТС}} \cdot I_{\text{НБ}} - I_{\text{Д.0}}}{I_{\text{Т}} - I_{\text{Т.0}}} = \frac{1{,}2 \cdot 3{,}25 - 0{,}5}{6{,}62 - 1} = 0{,}61 \text{ о.е.},$$

где $K_{\text{ОТС}}$ – коэффициент отстройки, принимается равным 1,2;

$I_{\text{НБ}}$ – расчетный ток небаланса при протекании сквозного тока внешнего КЗ, о.е.;

$I_{\text{Д.0}}$ – минимальный ток срабатывания, о.е.;

$I_{\text{Т}}$ – расчетный тормозной ток при протекании сквозного тока внешнего КЗ, о.е.;

$I_{\text{Т.0}}$ – ток начала торможения, о.е.;

Расчетный тормозной ток

$$I_{\text{Т}} = \sqrt{I_{\text{СКВ}*} \cdot (I_{\text{СКВ}*} - I_{\text{НБ}}) \cos(180° - \alpha)} = \sqrt{8{,}55 \cdot (8{,}55 - 3{,}25) \cos 15°} = 6{,}62 \text{ о.е.},$$

где – относительное значение максимального тока внешнего КЗ, о.е;

$I_{\text{НБ}}$ – расчетный ток небаланса при протекании сквозного тока внешнего КЗ, о.е.;

α – угол между векторами токов $I_{\text{СКВ}*}$ и $(I_{\text{СКВ}*} - I_{\text{НБ}})$, принимается равным 15°.

Расчетный ток торможения

$$I_{НБ} = \left(K_{ОДН} \cdot K_{ПЕР}\varepsilon + \Delta U_{РПН} + \Delta f_{ВЫР} + \Delta f_{ПТТ}\right) I_{СКВ*} = (1 \cdot 2 \cdot 0{,}1 + 0{,}16 + 0{,}02) \cdot 8{,}55 = 3{,}25 \text{ о.е.},$$

где $K_{ОДН}$ – коэффициент однотипности трансформаторов тока, принимается равным 1;

$K_{ПЕР}$ – коэффициент, учитывающий переходный процесс, принимается равным 2;

ε – относительное значение полной погрешности ТТ, принимается равной 0,1;

$\Delta U_{РПН}$ – относительная погрешность, обусловленная наличием РПН, принимается равной большему значению диапазона регулирования;

$\Delta f_{ВЫР}$ – относительная погрешность выравнивания токов плеч, принимается равной 0,02;

$\Delta f_{ПТТ}$ – относительная погрешность выравнивания внешнего трансформатора, принимается равной 0;

$I_{СКВ*}$ – относительное значение максимального тока внешнего КЗ, о.е.

Относительное значение максимального тока внешнего КЗ

$$I_{СКВ*} = \frac{I_{КЗ.Ме.СТОР}}{I_{БАЗ.СТОР}} \cdot \frac{K_{СХ.ТТ.СТОР}}{K_{ТТ.СТОР}} = \frac{7179}{2{,}1} \cdot \frac{1}{2000/5} = 8{,}55 \text{ о.е.},$$

где $I_{КЗ.Ме.СТОР}$ – ток внешнего металлического КЗ, А;

$I_{БАЗ.СТОР}$ – базисный ток соответствующей стороны, А;

$K_{СХ.ТТ.СТОР}$ – коэффициент, учитывающий схему соединения вторичных обмоток главных ТТ соответствующей стороны;

$K_{ТТ.СТОР}$ – коэффициент трансформации ТТ соответствующей стороны.

Принимается уставка 0,61 о.е.

Блокировка по второй гармонике принимается равной 0,1.

Ток срабатывания дифференциальной отсечки выбирается по условиям:

1) отстройки от броска тока намагничивания силового трансформатора

$$I_{СКВ*} \geq 6{,}5 \text{ о.е.}$$

2) отстройки от максимального первичного тока небаланса при переходном режиме внешнего КЗ

$$I_{НБ} = 1{,}5 \cdot \left(K_{ОДН} \cdot K_{ПЕР}\varepsilon + \Delta U_{РПН} + \Delta f_{ВЫР} + \Delta f_{ПТТ}\right) I_{КЗ*} =$$
$$= 1{,}5 \cdot (1 \cdot 3 \cdot 0{,}1 + 0{,}16 + 0{,}02) \cdot 8{,}55 = 6{,}2 \text{ о.е.},$$

где $K_{ОДН}$ – коэффициент однотипности трансформаторов тока, принимается равным 1;

$K_{ПЕР}$ – коэффициент, учитывающий переходный процесс, принимается равным 3;

ε – относительное значение полной погрешности ТТ, принимается равной 0,1;

$\Delta U_{\text{РПН}}$ – относительная погрешность, обусловленная наличием РПН, принимается равной большему значению диапазона регулирования;

$\Delta f_{\text{ВЫР}}$ – относительная погрешность выравнивания токов плеч, принимается равной 0,02;

$\Delta f_{\text{ПТТ}}$ – относительная погрешность выравнивания внешнего трансформатора, принимается равной 0;

$I_{\text{КЗ}*}$ – относительное значение максимального тока внешнего КЗ, о.е.

Принимается уставка 6,5 о.е.

Чувствительность при двухфазном КЗ в минимальном режиме

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{к.мин}}}{I_{\text{Д.0}} \cdot K_{\text{ТТ.СТОР}}} = \frac{6982 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{2{,}1 \cdot 2000/5} = 7{,}2 > 2,$$

где $I_{\text{к.мин}}$ – минимальный ток при двухфазном КЗ за трансформатором, А;

$I_{\text{Д.0}}$ – минимальный ток срабатывания, о.е.;

$K_{\text{ТТ.СТОР}}$ – коэффициент трансформации ТТ соответствующей стороны.

Чувствительность достаточна.

2.3.2 Максимальная токовая защита стороны ВН

Первичный ток срабатывания выбирается по условиям:

1) по условию отстройки от максимального тока нагрузки с учетом самозапуска

$$I_{\text{с.з.}} = \frac{k_{\text{отс}} \cdot k_{\text{сзп}} \cdot I_{\text{раб.макс}}}{k_{\text{в}}} = \frac{1{,}2 \cdot 1{,}3 \cdot 80{,}3}{0{,}95} = 131{,}9 \text{ А},$$

где $k_{\text{отс}}$ – коэффициент отстройки, принимается равным 1,2;

$k_{\text{сзп}}$ – коэффициент самозапуска, принимается равным 1,3;

$I_{\text{раб.макс}}$ – максимальный ток нагрузки, принимается равным номинальному току высокой стороны трансформатора, А;

$k_{\text{в}}$ – коэффициент возврата реле, принимается равным 0,95.

2) по условию согласования с максимальной токовой защитой стороны НН

$$I_{\text{с.з.}} = k_{\text{отс}} \cdot I_{\text{с.з.пред.макс}} = 1{,}1 \cdot 2400 \cdot \frac{11}{115} = 252{,}5 \text{ А},$$

где $k_{\text{отс}}$ – коэффициент отстройки, принимается равным 1,1;

$I_{\text{с.з.пред.макс}}$ – ток срабатывания максимальной токовой защиты стороны НН приведенной к стороне ВН, А.

Выбирается максимальное значение и приводится к вторичным значениям

$$I_{\text{с.р.}} = \frac{I_{\text{с.з.}}}{k_{\text{тт}}} = \frac{252,5}{200/5} = 6,32 \text{ А},$$

где $I_{\text{с.з.}}$ – первичный расчетный ток срабатывания защиты, А;

$k_{\text{тт}}$ – коэффициент трансформации трансформатора тока.

Предварительно принимается уставка $I_{\text{с.р.}} = 6,32$ А (252,8 А первичных).

Чувствительность при двухфазном КЗ на стороне НН в минимальном режиме

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{к.мин}}}{I_{\text{с.з.}}} = \frac{6982 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{11}{115}}{252,8} = 2,3 > 1,5,$$

где $I_{\text{к.мин}}$ – минимальный ток через защиту при двухфазном КЗ на шинах, А;

$I_{\text{с.з.}}$ – первичный ток срабатывания защиты, А.

Чувствительность достаточна.

Окончательно принимается уставка $I_{\text{с.р.}} = 6,32$ А (252,8 А первичных).

Выдержка времени выбирается на ступень селективности больше выдержки времени максимальной токовой защиты стороны НН

$$t_{\text{с.з.}} = t_{\text{с.з.пред}} + \Delta t = 2,3 + 0,3 = 2,6 \text{ с},$$

где $t_{\text{с.з.пред}}$ – наибольшая из выдержек времени максимальных токовых защит отходящих линий, с;

Δt – ступень селективности, принимается равной 0,3 с.

Выдержка времени принимается равной 2,6 с.

2.3.3 Защита от перегрузки стороны ВН

Первичный ток срабатывания выбирается по условию отстройки от максимального тока нагрузки

$$I_{\text{с.з.}} = \frac{k_{\text{отс}} \cdot I_{\text{раб.макс}}}{k_{\text{в}}} = \frac{1,05 \cdot 80,3}{0,95} = 88,8 \text{ А},$$

где $k_{\text{отс}}$ – коэффициент отстройки, принимается равным 1,05;

$I_{\text{раб.макс}}$ – максимальный ток нагрузки, принимается равным номинальному току высокой стороны трансформатора, А;

$k_{\text{в}}$ – коэффициент возврата реле, принимается равным 0,95.

Приводится к вторичным значениям

$$I_{\text{с.р.}} = \frac{I_{\text{с.з.}}}{k_{\text{тт}}} = \frac{88,8}{200/5} = 2,22 \text{ А},$$

где $I_{\text{с.з.}}$ – первичный расчетный ток срабатывания защиты, А;

$k_{\text{тт}}$ – коэффициент трансформации трансформатора тока.

Принимается уставка $I_{\text{с.р.}} = 2,22$ А (88,8 А первичных).

Выдержка времени принимается равной 9 с.

2.3.4 Автоматика охлаждения стороны ВН

Первичный ток срабатывания выбирается по условию отстройки от максимального тока нагрузки (для системы охлаждения тип Д допускается работа без охлаждения до 60 % номинальной мощности)

$$I_{\text{с.з.}} = \frac{k_{\text{отс}} \cdot 0,6 \cdot I_{\text{раб.макс}}}{k_{\text{в}}} = \frac{1,05 \cdot 0,6 \cdot 80,3}{0,95} = 53,3 \text{ А},$$

где $k_{\text{отс}}$ – коэффициент отстройки, принимается равным 1,05;

$I_{\text{раб.макс}}$ – максимальный ток нагрузки, принимается равным номинальному току высокой стороны трансформатора, А;

$k_{\text{в}}$ – коэффициент возврата реле, принимается равным 0,95.

Приводится к вторичным значениям

$$I_{\text{с.р.}} = \frac{I_{\text{с.з.}}}{k_{\text{тт}}} = \frac{53,3}{200/5} = 1,34 \text{ А},$$

где $I_{\text{с.з.}}$ – первичный расчетный ток срабатывания защиты, А;

$k_{\text{тт}}$ – коэффициент трансформации трансформатора тока.

Принимается уставка $I_{\text{с.р.}} = 1,34$ А (53,6 А первичных).

Выдержка времени принимается равной 0 с.

2.3.5 Устройство резервирования отказа выключателя стороны ВН

Первичный ток срабатывания выбирается на уровне 5-10 % от номинального

$$I_{\text{с.з.}} = 0,1 \cdot I_{\text{ном}} = 0,1 \cdot 80,3 = 8,03 \text{ А},$$

где $I_{\text{номс}}$ – номинальный ток высокой стороны трансформатора, А.

Приводится к вторичным значениям

$$I_{\text{с.р.}} = \frac{I_{\text{с.з.}}}{k_{\text{тт}}} = \frac{8,03}{200/5} = 0,21 \text{ А},$$

где $I_{\text{с.з.}}$ – первичный расчетный ток срабатывания защиты, А;

$k_{\text{тт}}$ – коэффициент трансформации трансформатора тока.

Принимается уставка $I_{\text{с.р.}} = 0,25$ А (10 А первичных).

Выдержка времени принимается равной 0,3 с.

2.3.6 Блокировка РПН по току

Ток срабатывания принимается равным 200 % номинального.

2.3.7 Блокировка РПН по напряжению

Напряжение срабатывания принимается равным 85 В вторичных.

2.3.8 Автоматическое поддержание напряжения

Напряжение поддержания принимается равным 11000 В.

Нечувствительность

Разброс напряжений при регулировании

$$U = U_0 \pm \Delta U = 11000 \pm 1{,}2 \cdot 0{,}0175 \cdot 11000 = 10769 \div 11231 \text{ В},$$

где U_0 – номинальное напряжение, В;

ΔU – изменение напряжения под действием РПН, В.

Зона нечувствительности

$$K = k_{\text{отс}} \left(\frac{U_{\text{макс}}}{U_{\text{под}}} - 1 \right) = 0{,}03 \text{ о.е.},$$

где $k_{\text{отс}}$ – коэффициент отстройки, принимается равным 1,3;

$U_{\text{макс}}$ – максимальное напряжение нечувствительности, В;

$U_{\text{под}}$ – напряжение поддержания, В.

2.4 Силовой трансформатор 110/10 кВ Т1(Т2)

2.4.1 Дифференциальная токовая защита с торможением

Вторичный базисный ток по сторонам

$$I_{\text{баз.ВН.втор}} = \frac{K_{\text{СХ_ТТ_СТОР}} \cdot K_{\text{ВКЛ_ТТ_СТОР}} \cdot K_{\text{АТ_СТОР}}}{K_{\text{ТТ_СТОР}}} \cdot \frac{S_{\text{НОМ}}}{U_{\text{СТОР}}\sqrt{3}} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 1}{150/5} \cdot \frac{16000}{115\sqrt{3}} = 2{,}68 \text{ А},$$

$$I_{\text{баз.НН.втор}} = \frac{K_{\text{СХ_ТТ_СТОР}} \cdot K_{\text{ВКЛ_ТТ_СТОР}} \cdot K_{\text{АТ_СТОР}}}{K_{\text{ТТ_СТОР}}} \cdot \frac{S_{\text{НОМ}}}{U_{\text{СТОР}}\sqrt{3}} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 1}{2000/5} \cdot \frac{16000}{11\sqrt{3}} = 2{,}1 \text{ А},$$

где $K_{\text{СХ_ТТ_СТОР}}$ – коэффициент, учитывающий схему соединения вторичных обмоток главных ТТ, принимается 1 для ТТ соединенных в «звезду», $\sqrt{3}$ для ТТ соединенных в «треугольник»;

$K_{\text{ВКЛ_ТТ_СТОР}}$ – коэффициент, учитывающий схему включения ТТ в зависимости от схемы соединения обмотки силового трансформатора данной стороны, принимается 1 для ТТ на стороне обмотки соединенной в «звезду» и для ТТ установленных снаружи обмотки соединенной в «треугольник», $1/\sqrt{3}$ для ТТ установленных внутри обмотки соединенной в «треугольник»;

$K_{\text{АТ_СТОР}}$ – коэффициент трансформации внешнего выравнивающего трансформатора, принимается равным 1;

$K_{\text{ТТ_СТОР}}$ – коэффициент трансформации трансформаторов тока стороны;

$S_{\text{НОМ}}$ – номинальная полная мощность, МВА;

$U_{\text{СТОР}}$ – номинальное напряжение стороны, кВ.

Ток начала торможения в соответствии с рекомендациями принимается равным 1 о.е.

Минимальный ток срабатывания

$$I_{\text{Д.0}} = K_{\text{ОТС}} \cdot \left(K_{\text{ОДН}} K_{\text{ПЕР}} \varepsilon + \Delta U_{\text{РПН}} + \Delta f_{\text{ВЫР}} + \Delta f_{\text{ПТТ}}\right) =$$
$$= 1{,}2 \cdot (1 \cdot 2 \cdot 0{,}1 + 0{,}16 + 0{,}02) = 0{,}46 \text{ о.е.},$$

где $K_{\text{ОТС}}$ – коэффициент отстройки, принимается равным 1,2;

$K_{\text{ОДН}}$ – коэффициент однотипности трансформаторов тока, принимается равным 1;

$K_{\text{ПЕР}}$ – коэффициент, учитывающий переходный процесс, принимается равным 2;

ε – относительное значение полной погрешности ТТ, принимается равной 0,1;

$\Delta U_{\text{РПН}}$ – относительная погрешность, обусловленная наличием РПН, принимается равной большему значению диапазона регулирования;

$\Delta f_{\text{ВЫР}}$ – относительная погрешность выравнивания токов плеч, принимается равной 0,02;

$\Delta f_{\text{ПТТ}}$ – относительная погрешность выравнивания внешнего трансформатора, принимается равной 0.

Принимается уставка 0,5 о.е.

Ток торможения блокировки

$$I_{\text{Т.БЛ}} = K_{\text{ОТС}} \cdot K_{\text{ПРЕД.НАГР}} \cdot \frac{I_{\text{НОМ.НАГР}}}{I_{\text{БАЗ.СТОР}}} \cdot \frac{K_{\text{СХ.ТТ.СТОР}}}{K_{\text{ТТ.СТОР}}} = 1{,}1 \cdot 1{,}8 \cdot 1 = 1{,}98 \text{ о.е.},$$

где $K_{\text{ОТС}}$ – коэффициент отстройки, принимается равным 1,1;

$K_{\text{ПРЕД.НАГР}}$ – коэффициент, определяющий предельную нагрузочную способность в зависимости от его мощности, принимается равным 1,8;

$I_{\text{НОМ.НАГР}}$ – максимально возможный сквозной ток нагрузки, А;

$I_{\text{БАЗ.СТОР}}$ – базисный ток соответствующей стороны, А;

$K_{\text{СХ.ТТ.СТОР}}$ – коэффициент, учитывающий схему соединения вторичных обмоток главных ТТ соответствующей стороны;

$K_{\text{ТТ.СТОР}}$ – коэффициент трансформации ТТ соответствующей стороны.

Принимается уставка 2 о.е.

Коэффициент торможения

$$K_{\text{Т}} = \frac{K_{\text{ОТС}} \cdot I_{\text{НБ}} - I_{\text{Д.0}}}{I_{\text{Т}} - I_{\text{Т.0}}} = \frac{1{,}2 \cdot 3{,}25 - 0{,}5}{6{,}62 - 1} = 0{,}61 \text{ о.е.},$$

где $K_{\text{ОТС}}$ – коэффициент отстройки, принимается равным 1,2;

$I_{\text{НБ}}$ – расчетный ток небаланса при протекании сквозного тока внешнего КЗ, о.е.;

$I_{\text{Д.0}}$ – минимальный ток срабатывания, о.е.;

$I_{\text{Т}}$ – расчетный тормозной ток при протекании сквозного тока внешнего КЗ, о.е.;

$I_{\text{Т.0}}$ – ток начала торможения, о.е.;

Расчетный тормозной ток

$$I_{\text{Т}} = \sqrt{I_{\text{СКВ}*} \cdot (I_{\text{СКВ}*} - I_{\text{НБ}}) \cos(180° - \alpha)} = \sqrt{8{,}55 \cdot (8{,}55 - 3{,}25) \cos 15°} = 6{,}62 \text{ о.е.},$$

где – относительное значение максимального тока внешнего КЗ, о.е;

$I_{\text{НБ}}$ – расчетный ток небаланса при протекании сквозного тока внешнего КЗ, о.е.;

α – угол между векторами токов $I_{\text{СКВ}*}$ и $(I_{\text{СКВ}*} - I_{\text{НБ}})$, принимается равным 15°.

Расчетный ток торможения

$$I_{\text{НБ}} = \left(K_{\text{ОДН}} \cdot K_{\text{ПЕР}}\varepsilon + \Delta U_{\text{РПН}} + \Delta f_{\text{ВЫР}} + \Delta f_{\text{ПТТ}}\right) I_{\text{СКВ}*} = (1 \cdot 2 \cdot 0{,}1 + 0{,}16 + 0{,}02) \cdot 8{,}55 = 3{,}25 \text{ о.е.},$$

где $K_{\text{ОДН}}$ – коэффициент однотипности трансформаторов тока, принимается равным 1;

$K_{\text{ПЕР}}$ – коэффициент, учитывающий переходный процесс, принимается равным 2;

ε – относительное значение полной погрешности ТТ, принимается равной 0,1;

$\Delta U_{\text{РПН}}$ – относительная погрешность, обусловленная наличием РПН, принимается равной большему значению диапазона регулирования;

$\Delta f_{\text{ВЫР}}$ – относительная погрешность выравнивания токов плеч, принимается равной 0,02;

$\Delta f_{\text{ПТТ}}$ – относительная погрешность выравнивания внешнего трансформатора, принимается равной 0;

$I_{\text{СКВ}*}$ – относительное значение максимального тока внешнего КЗ, о.е.

Относительное значение максимального тока внешнего КЗ

$$I_{\text{СКВ}*} = \frac{I_{\text{КЗ.Ме.СТОР}}}{I_{\text{БАЗ.СТОР}}} \cdot \frac{K_{\text{СХ.ТТ.СТОР}}}{K_{\text{ТТ.СТОР}}} = \frac{7179}{2{,}1} \cdot \frac{1}{2000/5} = 8{,}55 \text{ о.е.},$$

где $I_{\text{КЗ.Ме.СТОР}}$ – ток внешнего металлического КЗ, А;

$I_{\text{БАЗ.СТОР}}$ – базисный ток соответствующей стороны, А;

$K_{\text{СХ.ТТ.СТОР}}$ – коэффициент, учитывающий схему соединения вторичных обмоток главных ТТ соответствующей стороны;

$K_{\text{ТТ.СТОР}}$ – коэффициент трансформации ТТ соответствующей стороны.

Принимается уставка 0,61 о.е.

Блокировка по второй гармонике принимается равной 0,1.

Ток срабатывания дифференциальной отсечки выбирается по условиям:

1) отстройки от броска тока намагничивания силового трансформатора

$$I_{\text{СКВ}*} \geq 6{,}5 \text{ о.е.}$$

2) отстройки от максимального первичного тока небаланса при переходном режиме внешнего КЗ

$$I_{\text{НБ}} = 1{,}5 \cdot \left(K_{\text{ОДН}} \cdot K_{\text{ПЕР}}\varepsilon + \Delta U_{\text{РПН}} + \Delta f_{\text{ВЫР}} + \Delta f_{\text{ПТТ}}\right) I_{\text{КЗ}*} =$$
$$= 1{,}5 \cdot (1 \cdot 3 \cdot 0{,}1 + 0{,}16 + 0{,}02) \cdot 8{,}55 = 6{,}2 \text{ о.е.},$$

где $K_{\text{ОДН}}$ – коэффициент однотипности трансформаторов тока, принимается равным 1;

$K_{\text{ПЕР}}$ – коэффициент, учитывающий переходный процесс, принимается равным 3;

ε – относительное значение полной погрешности ТТ, принимается равной 0,1;

$\Delta U_{\text{РПН}}$ – относительная погрешность, обусловленная наличием РПН, принимается равной большему значению диапазона регулирования;

$\Delta f_{\text{ВЫР}}$ – относительная погрешность выравнивания токов плеч, принимается равной 0,02;

$\Delta f_{\text{ПТТ}}$ – относительная погрешность выравнивания внешнего трансформатора, принимается равной 0;

$I_{\text{КЗ}*}$ – относительное значение максимального тока внешнего КЗ, о.е.

Принимается уставка 6,5 о.е.

Чувствительность при двухфазном КЗ в минимальном режиме

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{к.мин}}}{I_{\text{Д.0}} \cdot K_{\text{ТТ.СТОР}}} = \frac{6982 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{2{,}1 \cdot 2000/5} = 7{,}2 > 2,$$

где $I_{\text{к.мин}}$ – минимальный ток при двухфазном КЗ за трансформатором, А;

$I_{\text{Д.0}}$ – минимальный ток срабатывания, о.е.;

$K_{\text{ТТ.СТОР}}$ – коэффициент трансформации ТТ соответствующей стороны.

Чувствительность достаточна.

2.4.2 Максимальная токовая защита стороны ВН

Первичный ток срабатывания выбирается по условиям:

1) по условию отстройки от максимального тока нагрузки с учетом самозапуска

$$I_{\text{с.з.}} = \frac{k_{\text{отс}} \cdot k_{\text{сзп}} \cdot I_{\text{раб.макс}}}{k_{\text{в}}} = \frac{1{,}2 \cdot 1{,}3 \cdot 80{,}3}{0{,}95} = 131{,}9 \text{ А},$$

где $k_{\text{отс}}$ – коэффициент отстройки, принимается равным 1,2;

$k_{\text{сзп}}$ – коэффициент самозапуска, принимается равным 1,3;

$I_{\text{раб.макс}}$ – максимальный ток нагрузки, принимается равным номинальному току высокой стороны трансформатора, А;

$k_{\text{в}}$ – коэффициент возврата реле, принимается равным 0,95.

2) по условию согласования с максимальной токовой защитой стороны НН

$$I_{\text{с.з.}} = k_{\text{отс}} \cdot I_{\text{с.з.пред.макс}} = 1{,}1 \cdot 2400 \cdot \frac{11}{115} = 252{,}5 \text{ А},$$

где $k_{\text{отс}}$ – коэффициент отстройки, принимается равным 1,1;

$I_{\text{с.з.пред.макс}}$ – ток срабатывания максимальной токовой защиты стороны НН приведенной к стороне ВН, А.

Выбирается максимальное значение и приводится к вторичным значениям

$$I_{\text{с.р.}} = \frac{I_{\text{с.з.}}}{k_{\text{тт}}} = \frac{252{,}5}{150/5} = 8{,}42 \text{ А},$$

где $I_{\text{с.з.}}$ – первичный расчетный ток срабатывания защиты, А;

$k_{\text{тт}}$ – коэффициент трансформации трансформатора тока.

Предварительно принимается уставка$I_{\text{с.р.}} = 8{,}42$ А (252,6 А первичных).

Чувствительность при двухфазном КЗ на стороне НН в минимальном режиме

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{к.мин}}}{I_{\text{с.з.}}} = \frac{6982 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{11}{115}}{252{,}6} = 2{,}3 > 1{,}5,$$

где $I_{\text{к.мин}}$ – минимальный ток через защиту при двухфазном КЗ на шинах, А;

$I_{\text{с.з.}}$ – первичный ток срабатывания защиты, А.

Чувствительность достаточна.

Окончательно принимается уставка $I_{\text{с.р.}} = 8,42$ А (252,6 А первичных).

Выдержка времени выбирается на ступень селективности больше выдержки времени максимальной токовой защиты стороны НН

$$t_{\text{с.з.}} = t_{\text{с.з.пред}} + \Delta t = 2,3 + 0,3 = 2,6 \text{ с},$$

где $t_{\text{с.з.пред}}$ – наибольшая из выдержек времени максимальных токовых защит отходящих линий, с;

Δt – ступень селективности, принимается равной 0,3 с.

Выдержка времени принимается равной 2,6 с.

2.4.3 Защита от перегрузки стороны ВН

Первичный ток срабатывания выбирается по условию отстройки от максимального тока нагрузки

$$I_{\text{с.з.}} = \frac{k_{\text{отс}} \cdot I_{\text{раб.макс}}}{k_{\text{в}}} = \frac{1,05 \cdot 80,3}{0,95} = 88,8 \text{ А},$$

где $k_{\text{отс}}$ – коэффициент отстройки, принимается равным 1,05;

$I_{\text{раб.макс}}$ – максимальный ток нагрузки, принимается равным номинальному току высокой стороны трансформатора, А;

$k_{\text{в}}$ – коэффициент возврата реле, принимается равным 0,95.

Приводится к вторичным значениям

$$I_{\text{с.р.}} = \frac{I_{\text{с.з.}}}{k_{\text{тт}}} = \frac{88,8}{150/5} = 2,96 \text{ А},$$

где $I_{\text{с.з.}}$ – первичный расчетный ток срабатывания защиты, А;

$k_{\text{тт}}$ – коэффициент трансформации трансформатора тока.

Принимается уставка $I_{\text{с.р.}} = 2,96$ А (88,8 А первичных).

Выдержка времени принимается равной 9 с.

2.4.4 Автоматика охлаждения стороны ВН

Первичный ток срабатывания выбирается по условию отстройки от максимального тока нагрузки (для системы охлаждения тип Д допускается работа без охлаждения до 60 % номинальной мощности)

$$I_{\text{с.з.}} = \frac{k_{\text{отс}} \cdot 0,6 \cdot I_{\text{раб.макс}}}{k_{\text{в}}} = \frac{1,05 \cdot 0,6 \cdot 80,3}{0,95} = 53,3 \text{ А},$$

где $k_{отс}$ – коэффициент отстройки, принимается равным 1,05;

$I_{раб.макс}$ – максимальный ток нагрузки, принимается равным номинальному току высокой стороны трансформатора, А;

$k_{в}$ – коэффициент возврата реле, принимается равным 0,95.

Приводится к вторичным значениям

$$I_{с.р.} = \frac{I_{с.з.}}{k_{тт}} = \frac{53,3}{150/5} = 1,78 \text{ А},$$

где $I_{с.з.}$ – первичный расчетный ток срабатывания защиты, А;

$k_{тт}$ – коэффициент трансформации трансформатора тока.

Принимается уставка $I_{с.р.} = 1,78$ А (53,4 А первичных).

Выдержка времени принимается равной 0 с.

2.4.5 Устройство резервирования отказа выключателя стороны ВН

Первичный ток срабатывания выбирается на уровне 5-10 % от номинального

$$I_{с.з.} = 0,1 \cdot I_{ном} = 0,1 \cdot 80,3 = 8,03 \text{ А},$$

где $I_{номс}$ – номинальный ток высокой стороны трансформатора, А.

Приводится к вторичным значениям

$$I_{с.р.} = \frac{I_{с.з.}}{k_{тт}} = \frac{8,03}{150/5} = 0,28 \text{ А},$$

где $I_{с.з.}$ – первичный расчетный ток срабатывания защиты, А;

$k_{тт}$ – коэффициент трансформации трансформатора тока.

Принимается уставка $I_{с.р.} = 0,28$ А (8,4 А первичных).

Выдержка времени принимается равной 0,3 с.

2.4.6 Блокировка РПН по току

Ток срабатывания принимается равным 200 % номинального.

2.4.7 Блокировка РПН по напряжению

Напряжение срабатывания принимается равным 85 В вторичных.

2.4.8 Автоматическое поддержание напряжения

Напряжение поддержания принимается равным 11000 В.

Нечувствительность

Разброс напряжений при регулировании

$$U = U_0 \pm \Delta U = 11000 \pm 1{,}2 \cdot 0{,}0175 \cdot 11000 = 10769 \div 11231 \text{ В},$$

где U_0 – номинальное напряжение, В;

ΔU – изменение напряжения под действием РПН, В.

Зона нечувствительности

$$K = k_{\text{отс}} \left(\frac{U_{\text{макс}}}{U_{\text{под}}} - 1 \right) = 0{,}03 \text{ о.е.},$$

где $k_{\text{отс}}$ – коэффициент отстройки, принимается равным 1,3;

$U_{\text{макс}}$ – максимальное напряжение нечувствительности, В;

$U_{\text{под}}$ – напряжение поддержания, В.

Таблица регистрации изменений								
Изм.	Номера листов (страниц)				Всего листов (страниц) в документе	Номер документа	Под-пись	Дата
	измененных	замененных	новых	аннулированных				