



## **ИНЖЕНЕРНЫЙ ЦЕНТР ИРКУТСКЭНЕРГО**

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ИНЖЕНЕРНЫЙ ЦЕНТР «ИРКУТСКЭНЕРГО» (ООО «ИЦ «ИРКУТСКЭНЕРГО»)

**Свидетельство №0034.7-2014-3808142516-П-46 от 27.11.2014**

Заказчик: Филиал ПАО «Иркутскэнерго» ТЭЦ-9

**ОБОРУДОВАНИЕ РЕЛЕЙНОГО ЩИТА НА ОРУ-110 кВ.  
Инв. № 9144915. ТЕХНИЧЕСКОЕ ПЕРЕВООРУЖЕНИЕ  
РЕЗЕРВНЫХ ЗАЩИТ ВЛ 110 КВ ТЭЦ-1Б**

РАБОЧАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Расчет уставок релейных защит

**002.088.РР**



## ИНЖЕНЕРНЫЙ ЦЕНТР ИРКУТСКЭНЕРГО

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ИНЖЕНЕРНЫЙ ЦЕНТР «ИРКУТСКЭНЕРГО» (ООО «ИЦ «ИРКУТСКЭНЕРГО»)

Свидетельство №0034.7-2014-3808142516-П-46 от 27.11.2014

Заказчик: Филиал ПАО «Иркутскэнерго» ТЭЦ-9

### ОБОРУДОВАНИЕ РЕЛЕЙНОГО ЩИТА НА ОРУ-110 кВ. Инв. № 9144915. ТЕХНИЧЕСКОЕ ПЕРЕВООРУЖЕНИЕ РЕЗЕРВНЫХ ЗАЩИТ ВЛ 110 КВ ТЭЦ-1Б.

РАБОЧАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Расчет уставок релейных защит

**002.088.РР**

Главный инженер

Начальник СРЗА

О.И. Гаврилюк

А.А. Зверев

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

2020

## СОДЕРЖАНИЕ

1.	Дистанционная защита (ДЗ) .....	3
1.1.	I ступень (ДЗ-1) .....	3
1.2.	II ступень (ДЗ-2) .....	4
1.3.	III ступень (ДЗ-3) .....	5
1.4.	Уставки выреза нагрузочного режима .....	6
1.5.	Автоматическое ускорение ДЗ .....	8
1.6.	Оперативное ускорение ДЗ .....	8
1.7.	Блокировка при качаниях (БК) .....	8
2.	Токовая направленная защита нулевой последовательности (ТНЗНП) .....	10
2.1.	I ступень (ТНЗНП-1) .....	10
2.2.	II ступень (ТНЗНП-2) .....	11
2.3.	III ступень (ТНЗНП-3) .....	13
2.4.	IV ступень (ТНЗНП-4) .....	14
2.5.	Измерительные органы направленности (РНМ) .....	15
2.6.	Измерительные органы блокировки от бросков намагничивающего тока (БНТ) .....	16
2.7.	Автоматическое ускорение ТНЗНП .....	16
2.8.	Оперативное ускорение ТНЗНП .....	17
3.	Токовая отсечка (ТО) .....	17
4.	Максимальная токовая защита (МТЗ) .....	17
5.	Блокировка неисправности цепей напряжения (БНН) .....	18
6.	Автоматическое повторное включение (АПВ) .....	19
7.	Устройство резервирования отказа выключателей (УРОВ) .....	20
	Список литературы .....	22
	Приложение А .....	23

Согласовано			

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

						002.088.РР		
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Расчет уставок релейных защит		
Разраб.		Кузькина		<i>Кузькина</i>	01.20			
Проверил		Ерёмин		<i>Ерёмин</i>	01.20			
Н.контр.		Ерёмин		<i>Ерёмин</i>	01.20			
						Стадия	Лист	Листов
						Р	1	22
						ООО «Инженерный центр «Иркутскэнерго»		

Для реализации комплекта резервных защит и автоматики управления выключателем (АУВ) принят микропроцессорный блок релейной защиты и автоматики **БКЖИ.656316.004-33.01 БЭМП РУ-ДВ** производства АО «ЧЭАЗ» (**Терминал А1**). Устройство резервирования отказа выключателя (УРОВ) реализуется посредством микропроцессорного устройства **БКЖИ.656316.004-23.01 БЭМП РУ-ТФ** производства АО «ЧЭАЗ» (**Терминал А2**).

## 1. Дистанционная защита (ДЗ)

Линия ВЛ-110 кВ Иркутская ТЭЦ-9 – Участок № 1 Иркутской ТЭЦ-9 (ТЭЦ-1Б) является линией с двусторонним питанием и не имеет отпаяк.

Дистанционная защита (ДЗ) со стороны ТЭЦ-9 выполняется трехступенчатой на основе органов ДЗ-1, ДЗ-2 и ДЗ-3 от междуфазных КЗ. Для данных ступеней предусмотрены реле сопротивления (РС) прямонаправленные. Для второй ступени предусмотрено дополнительное РС ненаправленное, имеющее смещение в третий квадрант не величину не более 10% от уставки. Вырез в характеристике срабатывания РС предназначен для отстройки от нагрузочного режима.

Длина линии 5,345 км.

Удельное реактивное сопротивление линии напряжением 110 кВ, выполненной проводом АС-185/29, принимаем 0,413 Ом/км.

Сопротивления прямой последовательности:  $R_{\text{Л}} = 0,86 \text{ Ом}$ ;  $X_{\text{Л}} = 2,05 \text{ Ом}$ ;  $Z_{\text{Л}} = 2,223 \text{ Ом}$ .

Характеристический угол линии:  $\varphi_{\text{Л}} = \arctg \frac{X_{\text{Л}}}{R_{\text{Л}}} = 67,24^\circ$ . Примем:  $\varphi_{\text{Л}} = 65^\circ$ .

При номинальном токе 5 А диапазон уставок по сопротивлению  $X_{\text{уст}}$ ,  $R_{\text{уст}}$  и  $R_{\text{выреза}}$  для заданного терминала составляет 0,2...100 Ом; дискретность изменения уставки по сопротивлению составляет 0,1 Ом.

### 1.1. I ступень (ДЗ-1)

Полное сопротивление срабатывания первой ступени:

$$Z_{\text{с.з.}}^I \leq 0,85 \cdot Z_{\text{Л}} = 0,85 \cdot 2,223 = 1,889 \text{ Ом}$$

Принимаем  $Z_{\text{с.з.}}^I = 1,8 \text{ Ом}$

Уставка по реактивному сопротивлению:

$$X_{\text{уст}}^I = Z_{\text{с.з.}}^I \cdot \sin \varphi_{\text{Л}} = 1,8 \cdot \sin 65^\circ = 1,63 \text{ Ом}$$

Уставка по активному сопротивлению:

$$R_{\text{уст}}^I = R_{\text{П}} = U_{\text{ДУГИ}} \cdot \frac{l_{\text{ДУГИ}}}{I_{\text{МИН}}}$$

где  $R_{\text{П}}$  - активное переходное сопротивление в месте КЗ;

$U_{\text{ДУГИ}} = 2500 \text{ В/м}$  – удельное напряжение дуги;

$l_{\text{ДУГИ}}$  – длина дуги (м), определяется как расстояние между проводами фаз (при замыкании на землю – между проводом и опорой), для ВЛ 110 кВ среднегеометрическое расстояние между фазами составляет 5 м;

$I_{\text{МИН}} = 1995 \text{ А}$  – минимальный ток (А), протекающий от места установки защиты до точки КЗ в конце зоны чувствительности первой ступени дистанционной защиты (т.е. при К<sup>(2)</sup> в

Взам. инб. №		Уставка по реактивному сопротивлению: $X'_{уст} = Z'_{с.з.} \cdot \sin\varphi_{л} = 1,8 \cdot \sin 65^{\circ} = 1,63 \text{ Ом}$ Уставка по активному сопротивлению: $R'_{уст} = R_{\Pi} = U_{\text{дуги}} \cdot \frac{l_{\text{дуги}}}{I_{\text{мин}}}$ где $R_{\Pi}$ - активное переходное сопротивление в месте КЗ; $U_{\text{дуги}} = 2500 \text{ В/м}$ – удельное напряжение дуги; $l_{\text{дуги}}$ – длина дуги (м), определяется как расстояние между проводами фаз (при замыкании на землю – между проводом и опорой), для ВЛ 110 кВ среднегеометрическое расстояние между фазами составляет 5 м; $I_{\text{мин}} = 1995 \text{ А}$ – минимальный ток (А), протекающий от места установки защиты до точки КЗ в конце зоны чувствительности первой ступени дистанционной защиты (т.е. при К <sup>(2)</sup> в						
		Подп. и дата		Инб. № подл.				
Изм.	Кол.уч.							

конце линии).

$$R_{уст}^I = 2500 \cdot \frac{5}{1995} = 6,27 \text{ Ом};$$

$R_{уст}^I$  примем по соотношению  $X/R = 2$ .

Ступень без выдержки времени.

**Принимаем:**

$X_{ДЗ-1} = 1,63 \text{ Ом (перв.)}$

$$X_{ДЗ-1} = \frac{K_{ТГ}}{K_{ТН}} \cdot 1,63 = \frac{1000/5}{110000/100} \cdot 1,63 = 0,3 \text{ Ом (втор.)}$$

$R_{ДЗ-1} = 1,63/2 = 0,815 \text{ Ом (перв.)}$

$$R_{ДЗ-1} = \frac{K_{ТГ}}{K_{ТН}} \cdot 0,815 = \frac{1000/5}{110000/100} \cdot 0,815 = 0,15 \text{ Ом (втор.)}$$

$T_{ДЗ-1} = 0 \text{ с}$

Ступень прямонаправленная.

Ступень блокируется при качаниях как быстродействующая ступень (БК-б).

При близких трехфазных КЗ, когда все междуфазные напряжения на входе РС близки к нулю, для определения направленности в течение времени не менее 0,04 сек используются напряжения предаварийного режима (работа по «памяти») в диапазоне токов от 0,2 до 20 от номинального значения. Кроме того, предусмотрена возможность подхвата сигнала РС первой ступени ДЗ-1 от ненаправленного РС второй ступени (вводится ключом «Подх.от РС2»). Возврат схемы подхвата в исходное состояние происходит только после возврата ненаправленного РС второй ступени.

При КЗ «за спиной» с токами до 20 номиналов обеспечивается отсутствие ложных срабатываний РС.

## 1.2. II ступень (ДЗ-2)

Полное сопротивление срабатывания второй ступени по условию отстройки от КЗ на шинах РС 110 кВ УП-15 ( $Z_{Л}^{УП-15} = 0,5 + j1,23 \rightarrow 1,328 \text{ Ом}$ ):

$$Z_{с.з.}'' \leq 0,85 \cdot Z_{Л}^{ТЭЦ-1Б} + \frac{0,43}{K_{ТОК}} \cdot Z_{Л}^{УП-15} = 0,85 \cdot 2,223 + \frac{0,43}{1} \cdot 1,328 = 2,46 \text{ Ом}$$

По чувствительности с  $K_{\eta} = 1,5$ :

$$Z_{с.з.}'' \geq 1,5 \cdot Z_{Л}^{ТЭЦ-1Б} = 1,5 \cdot 2,223 = 3,335 \text{ Ом}$$

Принимаем  $Z_{с.з.}'' = 3,34 \text{ Ом}$

Уставка по реактивному сопротивлению:

$$X_{уст}'' = Z_{с.з.}'' \cdot \sin \varphi_{Л} = 3,34 \cdot \sin 65^{\circ} = 3 \text{ Ом}$$

Уставка по активному сопротивлению:

$$R_{уст}'' = R_{П} = U_{ДУГИ} \cdot \frac{l_{ДУГИ}}{I_{МИН}}$$

где  $I_{МИН} = 1891 \text{ А}$  – минимальный ток (А), протекающий от места установки защиты до точки КЗ в конце зоны чувствительности второй ступени дистанционной защиты (т.е. при  $K^{(2)}$  в точке  $1,25 \cdot Z_{Л}^{ТЭЦ-1Б} = 2,78 \text{ Ом}$ ).

Инф. № подл.	Подп. и дата	Взам. инф. №					002.088.РР		Лист
									3
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	



току, протекающему через трансформатор Т-2, при  $K^{(3)}$  за этим трансформатором.

Принимаем  $Z_{C3}^{III} = 44 \text{ Ом}$

Уставка по реактивному сопротивлению:

$$X_{VCT}^{III} = Z_{C3}^{III} \cdot \sin \varphi_{II} = 44 \cdot \sin 65^\circ = 40 \text{ OM}$$

Уставка по активному сопротивлению выбирается по условию резервирования  $K^{(2)}$  за трансформаторами ТЭЦ-1 согласно Руководящих указаний по релейной защите №7 (Приложение VI, табл. П1):

$$R_{VCT}^{III} \geq \text{Re} \left[ \frac{2 \cdot (Z_{JI} + Z'_{TP}) \angle -30^\circ}{\sqrt{3}} + \frac{Z_C \angle -90^\circ}{\sqrt{3}} \right],$$

где  $Z'_{TP} = Z_{TP} + K_{34П} R_{П}$ ;

$K_{\text{зп}} = 1,2$  - коэффициент запаса для отстройки от максимальных нагрузочных режимов;

$R_{\pi} = 26,44 \text{ Ом}$  - переходное сопротивление, определяется аналогично II ступени защиты;

$Z_{\text{л}} = 2,05 \text{ Ом}$  - сопротивление защищаемой линии, активной составляющей допустимо пренебречь;

$Z_{TP} = 35,61 \text{ Ом}$  - сопротивление защищаемого трансформатора, активной составляющей допустимо пренебречь;

$Z_c = 3,675 \text{ Ом}$  - сопротивление системы, активной составляющей допустимо пренебречь.

$$R_{VCT}^{III} \geq \operatorname{Re} \left[ \frac{2 \cdot (2,05 + 35,61 + 1,2 \cdot 26,44)e^{-j30^\circ}}{\sqrt{3}} + \frac{3,675e^{-j90^\circ}}{\sqrt{3}} \right] =$$

$$= \operatorname{Re} \left[ \frac{138,776e^{-j30^\circ}}{\sqrt{3}} + \frac{3,675e^{-j90^\circ}}{\sqrt{3}} \right] = \operatorname{Re} [80,122e^{-j30^\circ} + 2,122e^{-j90^\circ}] = \operatorname{Re} [69,388 - j42,183] \text{ OM}$$

Уставка по активному сопротивлению:

$$R_{VCT}^{III} = 70 \text{ O}_M$$

Выдержку времени согласуем с МТЗ трансформатора Т-4 Участка № 1 Иркутской ТЭЦ-9:

$$t_{C.3.}^{III} = t_{C.3.}^{MT3} + \Delta t = 5,9 + 0,3 = 6,2 \text{ c}$$

**Принимаем:**

X ДЗ-3 = 40 Ом (перв.)

$$X_{ДЗ-3} = \frac{K_{TT}}{K_{TH}} \cdot 40 = \frac{1000/5}{110000/100} \cdot 40 = 7,27 \text{ Ом (в топ.)}$$

$$R_{ДЗ-3} = 70 \text{ Ом (перв.)}$$

$$R_{ДЗ-3} = \frac{K_{TT}}{K_{TH}} \cdot 70 = \frac{1000/5}{110000/100} \cdot 70 = 12,73 \text{ Ом (в топ.)}$$

$$T_{ДЗ-3} = 6,2 \text{ с}$$

Ступень прямонаправленная.

Ступень блокируется при качаниях как медленнодействующая ступень (БК-м).

#### 1.4. Уставки выреза нагрузочного режима

Дополнительно для выбора уставок по активному сопротивлению необходимо выполнить отстройку от нагрузочного режима и режима самозапуска электродвигателей.

Максимальный порог уставок от минимальной величины активного сопротивления

[illegible]

нагрузки:

$$R_{\text{МАКС}} \leq 0,8 \cdot \left[ \frac{Z_{\text{НАГР.МИН}} \cdot \sin(\varphi_{\text{М.Ч.}} - \varphi_{\text{НАГР.МАКС}})}{\sin \varphi_{\text{Л}}} \right],$$

$$\text{где } Z_{\text{НАГР.МИН}} = \frac{(0,8 \div 0,9) \cdot U_{\text{РАБ.МИН}}}{K_{\text{СЭП}} \cdot I_{\text{НАГР.МАКС}}},$$

$$\varphi_{\text{М.Ч.}} = \varphi_{\text{Л}} = 65^\circ;$$

$\varphi_{\text{НАГР.МАКС}} = 20^\circ$  - максимальный угол нагрузки для ВЛ 110 кВ ТЭЦ-1Б;

$K_{\text{СЭП}} = 2$  - коэффициент самозапуска нагрузки;

$I_{\text{НАГР.МАКС}} = 1000 \text{ А}$  - максимальный ток нагрузки, принимаем в соответствии с первичным током ТТ.

$$R_{\text{МАКС}} \leq 0,8 \cdot \left[ \frac{0,8 \cdot 110 \cdot 10^3 \cdot \sin(65^\circ - 20^\circ)}{2 \cdot 1000 \cdot \sin 65^\circ} \right] = 27,5 \text{ Ом}$$

Уставка третьей ступени превышает  $R_{\text{МАКС}}$ , для этой ступени необходим вырез сектора нагрузки (данная ступень должна блокироваться в области сектора нагрузки).

Уставка активного сопротивления выреза:

$$R_{\text{ВЫРЕЗА}} \leq K_{\text{ОТС}} \cdot Z_{\text{НАГР}} \cdot \cos \varphi_{\text{НАГР}},$$

$$\text{где } Z_{\text{НАГР}} = \frac{(0,8 \div 0,9) \cdot U_{\text{РАБ.МИН}}}{K_{\text{СЭП}} \cdot I_{\text{НАГР.МАКС}}};$$

$$\varphi_{\text{НАГР}} = 20^\circ;$$

$K_{\text{ОТС}} = 0,8$  - коэффициент отстройки.

$$R_{\text{ВЫРЕЗА}} \leq 0,8 \cdot \frac{0,8 \cdot 110 \cdot 10^3}{2 \cdot 1000} \cdot \cos 20^\circ = 33 \text{ Ом}$$

Угол выреза с учетом погрешности  $5^\circ$ :

$$\varphi_{\text{ВЫРЕЗА}} = \varphi_{\text{НАГР}} + \Delta\varphi = 20^\circ + 5^\circ = 25^\circ$$

**Принимаем:**

$$R_{\text{ВЫРЕЗА}} \text{ ДЗ-3} = 30 \text{ Ом (перв.)}$$

$$R_{\text{ВЫРЕЗА}} \text{ ДЗ-3} = \frac{K_{\text{ТТ}}}{K_{\text{ТН}}} \cdot 30 = \frac{1000/5}{110000/100} \cdot 30 = 5,45 \text{ Ом (втор.)}$$

$$\varphi_{\text{ВЫРЕЗА}} = 25^\circ$$

Уставки ступеней, для которых нет необходимости отстройки от нагрузки, необходимо задать следующими:

$$R_{\text{ВЫРЕЗА}} = R_{\text{УСТ}}$$

$$\varphi_{\text{ВЫРЕЗА}} = 0^\circ$$

**Для всех ступеней ДЗ принимаем:**

согласно рекомендаций для терминалов БЭМП

$$\Phi 1 = \varphi_{\text{Л}} = 65^\circ$$

$$\Phi 2 = -20^\circ$$

$$\Phi 3 = 120^\circ$$

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

										002.088.РР	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата						6



Взам. инв. №		<p><math>K_{TT} = 1000 / 5</math> – коэффициент трансформации ТТ.</p> <p>По чувствительности:</p> $K_q = \frac{I2_{C.З.}^{МИН}}{DI2_{ЧУВСТ.} \cdot K_{TT}},$ <p>где <math>DI2_{ЧУВСТ.} = 0,2 \text{ А}</math> (втор.) – предварительно принятая уставка;</p> <p><math>I2_{C.З.}^{МИН} = I_{МИН}^{К(3)} / 2</math> – минимальный ток обратной последовательности в месте установки защиты при КЗ в расчетной точке;</p> <p><math>K_q \geq 1,5</math> – при КЗ в конце защищаемой линии.</p> <p>Минимальный ток обратной последовательности согласно расчетам ТКЗ: при КЗ в конце линии – 736 А (Реактор СР-110 кВ отключен и заземлен, при <math>K^{(1)}</math>).</p> $\frac{736}{0,2 \cdot 1000 / 5} = 18,4 > 1,5$ – принятая уставка проходит по чувствительности.	
Подп. и дата			
Инв. № подл.			

							002.088.PP	
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата			7

Уставка I2 срабатывания грубой БК.

По техническим возможностям терминала:

$$DI2_{ГРУБ.} = (0,06 \div 6) \cdot I_{НОМ} = (0,06 \div 6) \cdot 5 = (0,3 \div 30) \text{ А (втор.)}$$

Согласование с чувствительным реле тока обратной последовательности:

$$DI2_{ГРУБ.} = K_{ОТС}^{DI2_{ГРУБ.}} \cdot DI2_{ЧУВСТ.} = 2 \cdot 0,2 = 0,4 \text{ А (втор.)}$$

Уставка I1 срабатывания чувствительной БК.

По техническим возможностям терминала:

$$DI1_{ЧУВСТ.} = (0,08 \div 4) I_{НОМ} = (0,08 \div 4) \cdot 5 = (0,4 \div 20) \text{ А (втор.)}$$

Согласование с чувствительным реле тока обратной последовательности:

$$DI1_{ЧУВСТ.} = K_{ОТС}^{DI2_{ЧУВСТ.}} \cdot DI2_{ЧУВСТ.} = 4 \cdot 0,2 = 0,8 \text{ А (втор.)}$$

Уставка I1 срабатывания грубой БК.

По техническим возможностям терминала:

$$DI1_{ГРУБ.} = (0,12 \div 8) I_{НОМ} = (0,12 \div 8) \cdot 5 = (0,6 \div 40) \text{ А (втор.)}$$

Согласование с грубым реле тока обратной последовательности:

$$DI1_{ГРУБ.} = K_{ОТС}^{DI2_{ГРУБ.}} \cdot DI2_{ГРУБ.} = 4 \cdot 0,4 = 1,6 \text{ А (втор.)}$$

### Принимаем:

$$DI2_{ЧУВСТ.} = 0,2 \text{ А (втор.)}; DI2_{ЧУВСТ.} = 0,2 \cdot 1000 / 5 = 40 \text{ А (перв.)}; DI2_{ЧУВСТ.} = 0,04 \text{ о.е.}$$

$$DI2_{ГРУБ.} = 0,4 \text{ А (втор.)}; DI2_{ГРУБ.} = 0,4 \cdot 1000 / 5 = 80 \text{ А (перв.)}; DI2_{ЧУВСТ.} = 0,08 \text{ о.е.}$$

$$DI1_{ЧУВСТ.} = 0,8 \text{ А (втор.)}; DI1_{ЧУВСТ.} = 0,8 \cdot 1000 / 5 = 160 \text{ А (перв.)}; DI2_{ЧУВСТ.} = 0,16 \text{ о.е.}$$

$$DI1_{ГРУБ.} = 1,6 \text{ А (втор.)}; DI1_{ГРУБ.} = 1,6 \cdot 1000 / 5 = 320 \text{ А (перв.)}; DI2_{ЧУВСТ.} = 0,32 \text{ о.е.}$$

При отсутствии КЗ на линии с возникновением режима качаний возможно срабатывание реле сопротивления дистанционных защит. При этом ИО БК, отстроенные от режима качаний выбором уставок, не срабатывают и не вводят ДЗ в работу. При возникновении КЗ вместе с реле сопротивления срабатывают и ИО БК, которые разрешают прохождение сигналов срабатывания от РС в схему дистанционной защиты.

Если КЗ происходит в зоне действия ДЗ-1 или ДЗ-2 и ненаправленное РС второй ступени ДЗ срабатывает в течение времени ввода БК, то для ДЗ-1 и ДЗ-2 разрешающий сигнал от БК удерживается даже по истечении времени ввода БК и возвращается в исходное состояние при возврате ненаправленного РС ДЗ-2. Если РС ДЗ-2 не срабатывает в течение времени ввода БК ( $T_{БК-Б.Ч}$  или  $T_{БК-Б.ГР}$ ), то повторный ввод быстродействующих ступеней возможен только после отработки выдержки времени ввода медленнодействующих ступеней ( $T_{БК-М}$ ). Если после отработки выдержки времени ввода быстродействующих ступеней от чувствительного ИО ( $T_{БК-Б.Ч}$ ) происходит срабатывание грубого ИО (КЗ после включения нагрузки, при переходе КЗ от одного вида к другому и т.п.), то разрешается повторный ввод быстродействующих ступеней на время ввода быстродействующих ступеней от грубых ИО –  $T_{БК-Б.ГР}$ .

Время ввода быстродействующих ДЗ чувствительным реле  $T_{БК-Б.Ч}$  и грубым реле  $T_{БК-Б.ГР}$  – 0,5 с. Время ввода медленнодействующих ДЗ  $T_{БК-М}$  принимаем 9 с.

В целях обеспечения действия быстродействующих ступеней ДЗ при включении на неустранившееся КЗ в цикле АПВ предусмотрен ускоренный возврат БК при отключении выключателя (приход сигнала РПО). Ускоренный возврат принимается введённым соответствующим программным переключателем.

Инф. № подл.	Подп. и дата	Взам. инф. №							Лист
			002.088.PP						
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	

Блокировка при качаниях по  $dZ/dt$  выведена.

## 2. Токовая направленная защита нулевой последовательности (ТНЗНП)

Линия ВЛ-110 кВ Иркутская ТЭЦ-9 – Участок № 1 Иркутской ТЭЦ-9 (ТЭЦ-1Б) является линией с двусторонним питанием, без отпаек. Защищаемая линия имеет участки взаимоиндукции с линией ВЛ 110 кВ ТЭЦ-9 – Мирная и линией ВЛ 110 кВ Участок № 1 Иркутской ТЭЦ-9 – Мирная.

ТНЗНП срабатывает селективно при всех видах замыканий на землю в пределах защищаемого объекта и резервирует действие защит смежных участков при внешних замыканиях.

Токовая направленная защита нулевой последовательности (ТНЗНП) выполняется четырехступенчатой. Все ступени ТНЗНП могут быть выполнены направленными, в качестве органа направленности ТНЗНП используется реле направления мощности нулевой последовательности (РНМ НП). Первая и вторая ступень ТНЗНП контролируются прямонаправленным РНМ НП, третья и четвертая – обратнаправленным РНМ НП.

### 2.1. І ступень (ТНЗНП-1)

а) Отстройка от максимального тока, проходящего в месте установки защиты при замыкании на землю на шинах ТЭЦ-1.

$$I_{0C.3}^I \geq K_{OTC} \cdot 3I_{03},$$

где  $K_{отс} = 1,3$  - коэффициент отстройки, учитывающий погрешность реле, ошибки расчета и необходимый запас;

$3I_{03}$  - максимальное значение периодической составляющей утроенного начального тока нулевой последовательности, проходящего в месте установки защиты при замыкании на землю на шинах ТЭЦ-1.

$3I_{0_3} = 6667 \text{ А}$  при  $K^{(1,1)}$  на шинах ТЭЦ-1, ВЛ 110 кВ ТЭЦ-9 – Мирная отключена и заземлена,  $I_{0_{C_3}}^I \geq 1,3 \cdot 6667 = 8667,1 \text{ А}$ .

$3I_{03} = 7775 \text{ А}$  при  $K^{(1,1)}$  на шинах ТЭЦ-1, ВЛ 110 кВ ТЭЦ-9 – Мирная отключена и заземлена, ВЛ 110 кВ ТЭЦ-1 – Мирная отключена и заземлена,  $I_{0C3}^I \geq 1,3 \cdot 7775 = 10107,5 \text{ А}$ .

б) Отстройка от максимального тока, проходящего в месте установки защиты при замыкании на землю на шинах ТЭЦ-9.

$$I_{0C.3.}^I \geq K_{OTC} \cdot 3I_{03},$$

где  $K_{отс} = 1,3$  - коэффициент отстройки, учитывающий погрешность реле, ошибки расчета и необходимый запас;

$3I_{03}$  - максимальное значение периодической составляющей утроенного начального тока нулевой последовательности, проходящего в месте установки защиты при замыкании на землю на шинах ТЭЦ-9.

$3I_{03} = 4665 \text{ А}$  при  $K^{(1,1)}$  на шинах ТЭЦ-9, ВЛ 110 кВ ТЭЦ-9 – Мирная отключена и заземлена,  $I_{0C3}^I \geq 1,3 \cdot 4665 = 6064,5 \text{ А}$ .

$3I_{0_3} = 5320 \text{ А}$  при  $K^{(1,1)}$  на шинах ТЭЦ-9, ВЛ 110 кВ ТЭЦ-9 – Мирная отключена и заземлена, ВЛ 110 кВ ТЭЦ-1 – Мирная отключена и заземлена,  $I_{0_{C3}}^I \geq 1,3 \cdot 5320 = 6916 \text{ А}$ .

Взам. инв. №						002.088.PP	Лист
Подп. и дата							9
Инв. № подл.							
Изм.	Кол.ч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		

б) Отстройка от максимального тока, проходящего в месте установки защиты при замыкании на землю на шинах ТЭЦ-9.							
$I_{0C.3.}^I \geq K_{OTC} \cdot 3I_{03},$							
где $K_{OTC} = 1,3$ - коэффициент отстройки, учитывающий погрешность реле, ошибки расчета и необходимый запас;							
$3I_{03}$ - максимальное значение периодической составляющей утроенного начального тока нулевой последовательности, проходящего в месте установки защиты при замыкании на землю на шинах ТЭЦ-9.							
$3I_{03} = 4665 \text{ А}$ при $K^{(1,1)}$ на шинах ТЭЦ-9, ВЛ 110 кВ ТЭЦ-9 – Мирная отключена и заземлена, $I_{0C.3.}^I \geq 1,3 \cdot 4665 = 6064,5 \text{ А}.$							
$3I_{03} = 5320 \text{ А}$ при $K^{(1,1)}$ на шинах ТЭЦ-9, ВЛ 110 кВ ТЭЦ-9 – Мирная отключена и заземлена, ВЛ 110 кВ ТЭЦ-1 – Мирная отключена и заземлена, $I_{0C.3.}^I \geq 1,3 \cdot 5320 = 6916 \text{ А}.$							

Взам. инв. №		Подп. и дата		Инв. № подл.		<div>002.088.PP</div>	Лист
							10





Ступень выполняется прямонаправленной, а также ускоряемой при АПВ и ручном включении. Ступень блокируется при появлении броска тока намагничивания.

#### 2.4. IV ступень (ТНЗНП-4)

а) Согласование с IV ступенью защиты от замыканий на землю ВЛ 110 кВ ТЭЦ-1 – УП-15.

$$I_{0C.3.}^{IV} \geq K_{OTC} \cdot K_{ТОК} \cdot 3I_{0C3\_ПРЕД}^{IV},$$

где  $3I_{0C3\_ПРЕД}^{IV} = 400$  А - уставка срабатывания IV ступени земляной защиты ВЛ 110 кВ ТЭЦ-1 – УП-15.

$$I_{0C.3.}^{IV} \geq 1,1 \cdot 0,914 \cdot 400 = 402 \text{ А}$$

б) Согласование с IV ступенью защиты от замыканий на землю ВЛ 110 кВ ТЭЦ-1 – Мирная.

$$I_{0C.3.}^{IV} \geq K_{OTC} \cdot K_{ТОК} \cdot 3I_{0C3\_ПРЕД}^{IV},$$

где  $3I_{0C3\_ПРЕД}^{IV} = 350$  А - уставка срабатывания II ступени земляной защиты ВЛ 110 кВ ТЭЦ-1 – Мирная.

$$I_{0C.3.}^{IV} \geq 1,1 \cdot 0,494 \cdot 350 = 190 \text{ А}$$

в) Отстройка от тока небаланса при трехфазном КЗ за трансформаторами ТЭЦ-1

$$I_{0C.3.}^{IV} \geq K_{OTC} \cdot K_{ПЕР} \cdot K_{НБ} \cdot I_{К.МАКС}^{(3)},$$

где  $K_{OTC} = 1,25$  - коэффициент отстройки, учитывающий погрешность реле, ошибки расчета и необходимый запас;

$K_{ПЕР}$  - коэффициент, учитывающий увеличение тока небаланса в переходном режиме, при  $t_{C3} > 0,6$  с  $K_{ПЕР} = 1$ ;

$K_{НБ}$  - коэффициент небаланса, принимается в зависимости от кратности  $I_{К.МАКС}^{(3)}$  от  $I_{НОМ.ТТ}$ , примем  $K_{НБ} = 0,05$  согласно расчётам ТКЗ с кратностью до  $3 \cdot I_{НОМ.ТТ}$ ;

$I_{К.МАКС}^{(3)}$  - максимальное значение фазного тока, проходящего в месте установки защиты при внешнем КЗ между тремя фазами.

$$I_{0C.3.}^{IV} \geq 1,25 \cdot 1 \cdot 0,05 \cdot I_{К.МАКС}^{(3)} = 0,0625 \cdot I_{К.МАКС}^{(3)}.$$

$I_{К.МАКС}^{(3)} = 1565$  А при КЗ за трансформаторами Т-2, Т-3 ТЭЦ-1 при отключенной и заземленной ВЛ 110 кВ ТЭЦ-9 – Мирная.

$$I_{0C.3.}^{IV} \geq 0,0625 \cdot 1565 = 98 \text{ А}.$$

г) Обеспечение дальнего резервирования при КЗ на землю в конце зоны резервирования в режиме каскадного отключения.

Необходимо обеспечить  $K_q = 2,5$ .

Минимальный ток, протекающий в месте защиты, составляет  $3I_{0К.МИН} = 1484$  А в каскаде при  $K^{(1)}$  в конце ВЛ 110 кВ ТЭЦ-1 – УП-15 в минимальном режиме системы.

$$I_{0C.3.}^{IV} \leq 1484 / 2,5 = 594 \text{ А}.$$

д) Чувствительность к кратковременному неполнофазному режиму с  $K_q = 1,3$ .

Минимальный ток, проходящий в месте установки защиты составляет 453 А при

Инф. № подл.	Подп. и дата	Взам. инф. №							Лист
									13
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	002.088.РР





линии (2208 А):

$$I_{0PHM} \leq \frac{2208}{1.5} = 1472 \text{ A (перв.)}$$

**Принимаем:**

$$I_{0PHM} = 100 \text{ A (перв.)}$$

$$I_{0PHM} = \frac{100}{1000/5} = 0,5 \text{ A (втор.)}$$

$$I_{0PHM} = 0,5 / 5 = 0,1 \text{ o.e.}$$

*Напряжение срабатывания.*

Отстройка от суммарного напряжения небаланса нулевой последовательности:

$$U_{0PHM} \leq \frac{K_{OTC}}{K_B} \cdot (U_{0HB} + U_{0H.P}),$$

где  $K_{отс} = 1,25$  – коэффициент отстройки, учитывающий неточности расчетов, необходимый запас и погрешность реле;

 $K_B = 1,1$  – коэффициент возврата;

$U_{0_{нб}}$  – первичное напряжение небаланса нулевой последовательности в максимальном нагрузочном режиме;

$U_{0_{H.P}}$  – первичное напряжение нулевой последовательности, обусловленное несимметрией нормального режима.

При отсутствии данных о напряжении несимметрии в системе значение напряжения небаланса принимаем равным  $U_{0_{НБ}} = (0,02 \div 0,07) \cdot U_{НОМ}$

$$U_{0PHM} \leq \frac{1,25}{1,1} \cdot (0,02 \div 0,07) \cdot 110000 = 2500 \div 8750 \text{ В (перв.)}$$

**Принимаем:**

$$U_{0PHM} = 2500 \text{ В (перв.)}$$

$$U_{0PHM} = \frac{2500}{110000/100} = 2,3 \text{ В (втор.)}$$

$$U_{0PHM} = 2,3/100 = 0,023 \text{ o.e.}$$

Уставки по углам максимальной чувствительности принимаем согласно рекомендациям производителя терминалов: для РНМ-Р – плюс  $110^\circ$ , а для РНМ-Б – минус  $70^\circ$ .

## 2.6. Измерительные органы блокировки от бросков намагничивающего тока (БНТ)

Для несрабатывания ТНЗНП от бросков намагничивающего тока предусмотрена блокировка по соотношению действующих значений второй и основной гармоники тока  $3I_0$ .

Ступени ТНЗНП-3 и ТНЗНП-4 блокируются при выполнении условия:

$$3I\dot{O}(100\text{ Гц})/3I\dot{O}(50\text{ Гц}) > k_{\text{БНТ}}.$$

**Принимаем** уставку по умолчанию.

## 2.7. Автоматическое ускорение (АУ ТНЗНП)

Для автоматического ускорения выбирается ступень, защищающая линию с  $K_q = 2$ .

Взам. инв. №		<b>2.6. Измерительные органы блокировки от бросков намагничивающего тока (БНТ)</b>						
Подп. и дата		Для несрабатывания ТНЗНП от бросков намагничивающего тока предусмотрена блокировка по соотношению действующих значений второй и основной гармоники тока 3Ю. Ступени ТНЗНП-3 и ТНЗНП-4 блокируются при выполнении условия: <i>3Ю (100 Гц)/3Ю (50 Гц)&gt;k<sub>БНТ</sub>.</i> <b>Принимаем</b> уставку по умолчанию.						
Инв. № подл.		<b>2.7. Автоматическое ускорение (АУ ТНЗНП)</b>						
		Для автоматического ускорения выбирается ступень, защищающая линию с $K_q = 2$ .						
							002.088.PP	Лист
								15
		Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.		Дата

Используем третью ступень ТНЗНП-3 для АУ с временем  $T_{\text{УСК.ТНЗНП}} = 0,3 \text{ с.}$

2.8. Оперативное ускорение (ОУ ТНЗНП)

Для оперативного ускорения используем третью ступень ТНЗНП-3.  
Принимаем время срабатывания оперативно ускоряемой ступени  $T_{\text{ОУ ТНЗНП}} = 0,3 \text{ с.}$

3. Токовая отсечка (ТО)

Быстродействующая токовая защита (токовая отсечка) предназначена для мгновенного отключения близких металлических КЗ.  
По условию селективности, ТО без выдержки времени не должна работать за пределами защищаемой линии.

Отстройка от максимального тока при КЗ на шинах противоположной подстанции:

$$I_{\text{СЗ}}^{\text{ТО}} \geq K_{\text{ОТС}} I_{\text{КЗ}}^{\text{MAX}},$$

где  $I_{\text{КЗ}}^{\text{MAX}}$  – максимальное значение тока КЗ при повреждении в конце защищаемой линии, составляет 7730 А при отключенной и заземленной с обеих сторон параллельной ВЛ 110 кВ Мирная;

$K_{\text{ОТС}} = 1,3$  – коэффициент отстройки, учитывающий погрешность реле, ошибки расчета и необходимый запас.

$$I_{\text{СЗ}}^{\text{ТО}} \geq 1,3 \cdot 7730 = 10049 \text{ А.}$$

Отстройка от максимального тока при качаниях:

$$I_{\text{СЗ}}^{\text{ТО}} \geq K_{\text{ОТС}} I_{\text{КАЧ}}^{\text{MAX}},$$

где  $I_{\text{КАЧ}}^{\text{MAX}}$  – первичный максимальный расчетный ток при качаниях, составляет 5444 А (рассчитан в АРМ-СРЗА);

$K_{\text{ОТС}} = 1,2$  – коэффициент отстройки, учитывающий погрешность реле, ошибки расчета и необходимый запас.

$$I_{\text{СЗ}}^{\text{ТО}} \geq 1,2 \cdot 5444 = 6533 \text{ А}$$

**Принимаем** действующую уставку:

$$I_{\text{СЗ}}^{\text{ТО}} = 11000 \text{ А (перв.)}$$

$$I_{\text{СЗ}}^{\text{ТО}} = \frac{11000}{1000/5} = 55 \text{ А (втор.)}$$

$$I_{\text{СЗ}}^{\text{ТО}} = 55/5 = 11 \text{ о.е.}$$

$$t_{\text{СЗ}}^{\text{ТО}} = 0 \text{ с}$$

4. Максимальная токовая защита (МТЗ)

МТЗ предназначена для резервирования действия ДЗ при неисправностях в цепях напряжения. В качестве неселективной токовой защиты (ТЗН) используем ступень МТЗ-1, которая вводится автоматически от БНН.

Инф. № подл.	Подп. и дата	Взам. инф. №							Лист
			002.088.РР						16
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	

Отстройка от максимального тока нагрузки:

$$I_{C3}^{MT3} \geq \frac{K_H \cdot K_{C3П}}{K_B} \cdot I_{РАБ}^{MAX},$$

где  $K_H = 1,1$  – коэффициент запаса;

$K_B = 0,95$  – коэффициент возврата;

$K_{C3П} = 1,5 \div 2,5$  – коэффициент самозапуска электродвигателей;

$I_{РАБ}^{MAX} = 1000$  А – первичный рабочий максимальный ток нагрузки, соответствует номинальному току ТТ.

$$I_{C3}^{MT3} \geq \frac{1,1 \cdot 2}{0,95} \cdot 1000 = 2316 \text{ А}$$

Выбор уставки по чувствительности в случае металлического КЗ ( $K^{(2)}$ ) в конце защищаемого элемента при минимальном режиме ( $K_q \geq 1,5$ ).

$$I_{C3} \leq \frac{I_{КЗ}^{МИН}}{1,5}.$$

$$I_{C3} \leq 1995 / 1,5 = 1330 \text{ А}.$$

Выдержка времени должна быть отстроена на ступень селективности  $\Delta t = 0,3$  с от выдержки времени ТО:

$$t_{C3}^{MT3} = t_{C3}^{ТО} + \Delta t = 0 + 0,3 = 0,3 \text{ с}$$

**Принимаем:**

$$I_{C3}^{MT3} = 2300 \text{ А (перв.)}$$

$$I_{C3}^{MT3} = \frac{2300}{1000/5} = 11,5 \text{ А (втор.)}$$

$$I_{C3}^{MT3} = 11,5 / 5 = 2,3 \text{ о.е.}$$

$$t_{C3}^{MT3} = 0,3 \text{ с}$$

## 5. Блокировка неисправности цепей напряжения (БНН)

При исчезновении напряжения измерительных органов РЗА вследствие КЗ или обрыва во вторичных цепях трансформатора напряжения, в отдельных, или всех измерительных контурах ДЗ, измеряемое напряжение снижается до нуля, что даже при незначительной величине тока в линии, как правило, вызывает ложное срабатывание дистанционных органов защиты. Кроме того, указанные неисправности цепей напряжения приводят неправильному действию органов направления мощности (прямой или нулевой последовательности) максимальных токовых защит, которое в свою очередь может вызвать их неселективное (излишнее) срабатывание при внешних КЗ.

Контроль цепей напряжения (ЦН) предназначен для предотвращения ложной работы ДЗ, а также сигнализации при возникновении неисправностей в цепях переменного напряжения. В составе контроля ЦН реализована функция определения обрыва нулевого провода одной, двух или всех трех фаз цепей напряжения.

Обрыв нулевого провода определяется по появлению напряжению нулевой

Инф. № подл.	Подп. и дата	Взам. инф. №							Лист
									002.088.PP
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	17

последовательности с отсутствием появления тока нулевой последовательности. Данный алгоритм также реагирует на обрыв одной или двух фаз цепей напряжения. В случае определения обрыва только нулевого провода блокировка при неисправностях в цепях напряжения (БНН) на блокирование ДЗ не действует.

Обрыв или КЗ одной или двух фаз фиксируется при повышении напряжения обратной последовательности  $U_2$  выше заданного значения (более 8,5 В).

Для исключения излишней работы БНН при несимметричных коротких замыканиях предусмотрено блокирование БНН по превышению  $U_2$  при выполнении условия:  $I_2 > k_1 \cdot I_1$ . Рекомендуемым значением коэффициента  $k_1 = I_2/I_1$  является 0,2.

Для исключения ложной работы БНН при длительной несимметрии в сети предусмотрен дополнительный контроль по отношению напряжения обратной последовательности к напряжению прямой последовательности: обрыв или КЗ одной или двух фаз определяется только при выполнении условия:  $U_2 > k_2 \cdot U_1$ . Рекомендуемым значением коэффициента  $k_2 = U_2/U_1$  является 0,2.

Для обеспечения удержания блокировки в сработавшем состоянии, после возврата ИО, реагирующего на скачкообразное снижение напряжения, предусмотрена цепь подхвата, выполненная на энергонезависимом триггере, срабатывающем после снижения напряжения прямой последовательности ниже уставки « $U_1 < \dots$ ». Возврат цепи происходит после повторного повышения напряжения прямой последовательности более « $U_1 < \dots$ ».

Обрыв и КЗ одной или двух фаз цепей напряжения осуществляется при одновременном выполнении следующих условий:

- 1)  $U_2 > 8,5 \text{ В}$ ;
- 2)  $I_2 < k_1 \cdot I_1$ ;
- 3)  $U_2 > k_2 \cdot U_1$ .

Обрыв трех фаз определяется при одновременном выполнении следующих условий:

- 1) при скачкообразном снижении напряжения  $U_1$  более чем на  $0,2 \cdot U_{\text{ном}}$  (20 В);
- 2) при отсутствии броска тока  $I_1$ , превышающего заданную величину  $dI_1 > \dots$ .

#### **Принимаем:**

$$(U_{\phi} <) = 0,2 \cdot U_{\text{ном}}$$

$$(U_1 <) = 0,4 \cdot U_{\text{ном}}$$

$$k_1 = 0,2$$

$$k_2 = 0,2$$

$$(dI_1 >) = 0,2 \cdot I_{\text{ном}}$$

Действие БНН осуществляется без выдержки времени на блокировку ДЗ. Кроме того, с выдержкой времени в 5 сек. происходит действие на сигнализацию.

## **6. Автоматическое повторное включение (АПВ)**

АПВ ВЛ 110 кВ ТЭЦ-1Б – трехфазное, однократное.

Возможны три режима работы АПВ:

- по факту отсутствия напряжения на линии;
- по факту отсутствия напряжения на шинах;
- с контролем синхронизма.

Выдержка времени ТАПВ должна отвечать двум требованиям:

- 1) выдержка времени  $t_{\text{АПВ-1}}$  должна быть больше выдержки времени готовности для повторного включения привода отключившегося выключателя

$$t_{\text{АПВ-1}} = t_{\text{гот.прив}} + t_{\text{зап.}},$$

Инф. № подл.	Подп. и дата	Взам. инф. №							Лист	
									18	
									002.088.PP	
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата					



сигнала на отключение вышестоящих выключателей при неуспешном отключении повреждения собственным выключателем.  
В качестве токового органа УРОВ используется первая ступень МТЗ-1 терминала А2.

Ток срабатывания УРОВ отстроим от тока срабатывания последней ступени ТНЗНП с запасом в 20%:

$$I_{C.з.}^{УРОВ} = \frac{0,8 \cdot I_{C.з.}^{ТНЗНП-4}}{K_{ТТ}} = \frac{0,8 \cdot 600}{1000/5} = \frac{480}{1000/5} = 2,4 \text{ А (втор.)}$$

Время срабатывания УРОВ:

$$t_{УРОВ} \geq t_{ОВ} + t_{В.ЗАЩ} + t'_B + t_{ЗАП} ,$$

где  $t_{ОВ} = 0,08 \text{ с}$  - полное время отключения выключателя;

$t_{В.ЗАЩ} = 0,05 \text{ с}$  - время возврата защиты;

$t'_B = 0,025 \text{ с}$  - время возврата пусковых реле УРОВ;

$t_{ЗАП} = 0,1 \text{ с}$  - время запаса.

$$t_{УРОВ} \geq 0,08 + 0,05 + 0,025 + 0,1 = 0,255 \text{ с}$$

**Принимаем:**

$$I_{C.з.}^{УРОВ} = 480 \text{ А (перв.)}$$

$$I_{C.з.}^{УРОВ} = 2,4 \text{ А (втор.)}$$

$$I_{C.з.}^{УРОВ} = 2,4/5 = 0,48 \text{ о.е.}$$

$$t_{УРОВ} = 0,3 \text{ с}$$

Инф. № подл.	Подп. и дата	Взам. инф. №							Лист	
									20	
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	002.088.PP	

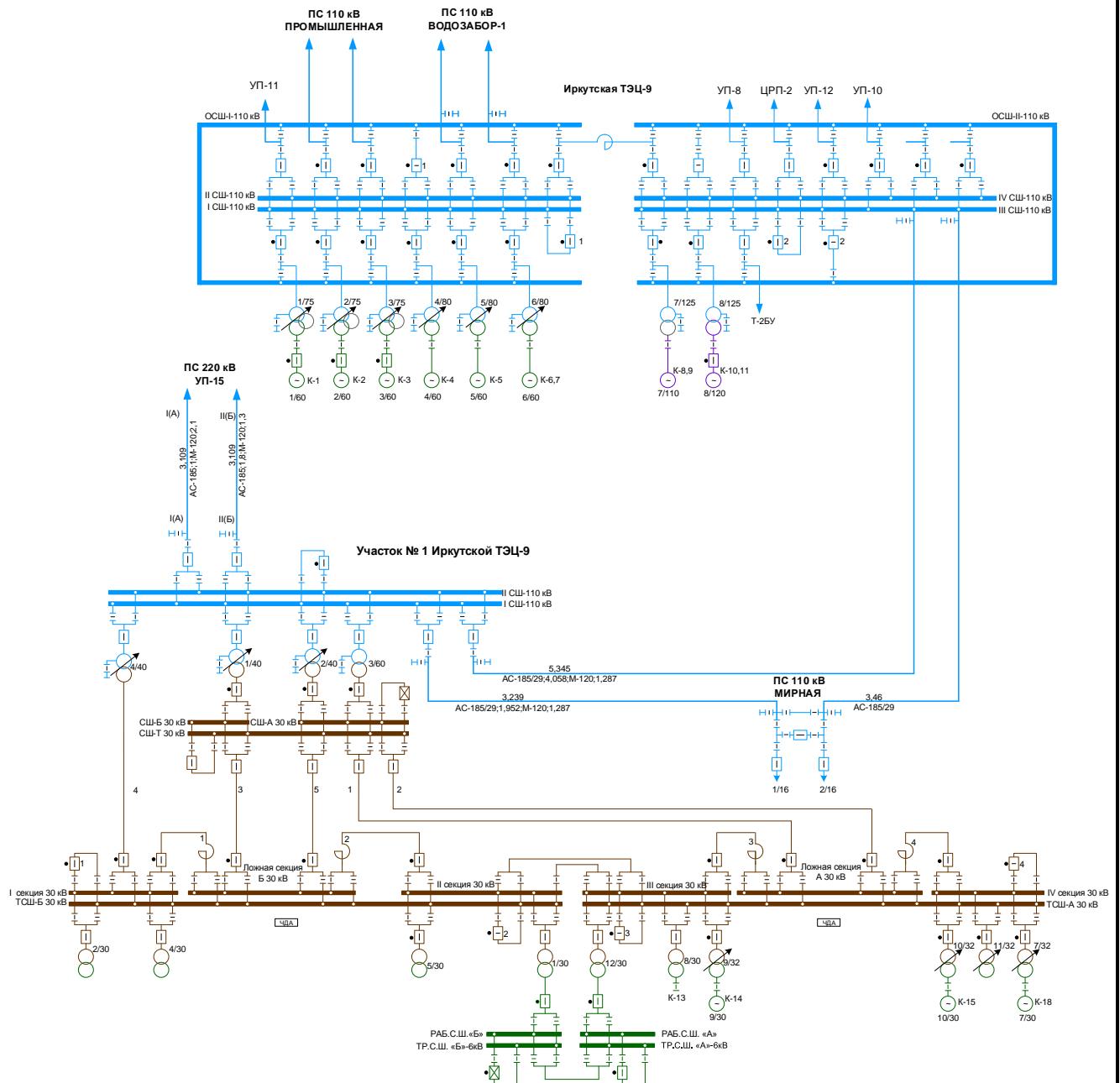
## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила устройства электроустановок: Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2009. – 853 с., ил.
2. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации / Минэнерго России. – М.: СПО ОРГРЭС, 2003. – 320 с.
3. Руководящие указания по релейной защите. Вып. 7. Дистанционная защита линий 35-330кВ, изд. Энергия, 1966. – 172с.
4. Руководящие указания по релейной защите. Вып. 12. Токовая защита нулевой последовательности от замыканий на землю линий 110-500 кВ. Расчеты. – М.: Энергия, 1980. – 88с., ил.
5. Шабад М. А. Максимальная токовая защита. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1991. – 96 с.: ил. (Биб-ка электромонтера; Вып. 640).
6. Карапетян И. Г., Файбисович Д. Л., Шапиро И. М. Справочник по проектированию электрических сетей / Под редакцией Д. Л. Файбисовича. - М.: Изд-во НЦ ЭНАС 2006 -320 с. ил.
7. СТО 56947007-29.120.70.200-2015 «Стандарт организации ОАО «ФСК ЕЭС». Методические указания по расчёту и выбору параметров настройки (уставок) микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики производства ООО НПП «ЭКРА», «ABB», «GE Multilin» и «ALSTOM Grid»/«AREVA» для воздушных и кабельных линий с односторонним питанием напряжением 110-330 кВ.
8. Микропроцессорные блоки релейной защиты и автоматики серии БЭМП РУ-ДВ. Руководство по эксплуатации. БКЖИ.656316.004-33.01 РЭ. Изм.2 от 11.12.2019. АО «ЧЭАЗ»

Инф. № подл.	Подп. и дата	Взам. инф. №							002.088.PP		Лист
											21
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата						

Приложение А

Схема сети для расчета токов КЗ и уставок защит  
ВЛ-110 кВ Иркутская ТЭЦ-9 – Участок № 1 Иркутской ТЭЦ-9 (ТЭЦ-1Б)



Инд. № подл.						Взам. инд. №						Подп. и дата											
002.088.РР												Лист											
Изм.												22											
Кол.уч.						Лист						№ док.											
Подп.						Дата																	

--	--	--	--	--	--