

**Строительство ПС 110 кВ Ермолино с установкой двух трансформаторов напряжением 110/10 кВ мощностью 25 МВА каждый и заходов от ВЛ 110 кВ Икша -Белый Раст № 3 на ПС 110 кВ Ермолино с образованием ВЛ 110 кВ Икша I - Ермолино и ВЛ 110 кВ Белый Раст - Ермолино**

**ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ**

**Раздел 4. Здания, строения и сооружения, входящие в инфраструктуру линейного объекта**

**Часть 8. Релейная защита и автоматика**

**Книга 4. Расчет параметров срабатывания устройств релейной защиты и автоматики**

**Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4**

**Том 4.8.4**

**«СОГЛАСОВАНО»**

Главный инженер проекта

ООО «СвязьЭнергоСтрой»

\_\_\_\_\_ П.А. Александров

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2025г.

**Строительство ПС 110 кВ Ермолино с установкой двух трансформаторов напряжением 110/10 кВ мощностью 25 МВА каждый и заходов от ВЛ 110 кВ Икша -Белый Раст № 3 на ПС 110 кВ Ермолино с образованием ВЛ 110 кВ Икша I - Ермолино и ВЛ 110 кВ Белый Раст - Ермолино**

## **ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ**

**Раздел 4. Здания, строения и сооружения, входящие в инфраструктуру линейного объекта**

**Часть 8. Релейная защита и автоматика**

**Книга 4. Расчет параметров срабатывания устройств релейной защиты и автоматики**

**Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4**

**Том 4.8.4**

Генеральный директор

В.Н. Зайцев

Главный инженер проекта

Ю. В. Булаев

Обозначение	Наименование	Примечание
	<b><u>Текстовая часть:</u></b>	
Д208320-330739ПИР-227.0 - ИЛО8.4.С	Содержание тома	Данный документ
Д208320-330739ПИР-227.0 - ИЛО8.4.ПЗ	Пояснительная записка	на 127 л.

Согласовано										
Взам. инв. №										
Подп. и дата										
Инв. № подл.						Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.С				
	Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.		Дата			
	Разраб.	Николаев					Содержание тома	Стадия	Лист	Листов
	Пров.	Жуков						П	1	1
								ООО «Интеллектуальные системы и сети»		
Н. контр.	Васильев									
ГИП	Булаев									

## Содержание

Введение.....	3
Перечень принятых сокращений .....	4
1 Общие сведения .....	6
2 Краткая характеристика объекта .....	7
3 Ориентировочный расчет параметров срабатывания защит .....	8
3.1 Расчет параметров дифференциально-фазной защиты ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино и ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино.....	8
3.1.1 Расчет параметров дифференциально-фазной защиты ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино.....	8
3.1.2 Расчет параметров дифференциально-фазной защиты ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино....	20
3.2 Расчет параметров срабатывания резервных защит ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино и ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино .....	34
3.2.1 Расчет параметров дистанционной защиты ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино.....	34
3.2.2 Расчет параметров дистанционной защиты ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино .....	54
3.2.3 Расчет параметров токовой защиты нулевой последовательности ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино.....	66
3.2.4 Расчет параметров токовой защиты нулевой последовательности ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино.....	87
3.2.5 Расчет параметров междуфазной токовой отсечки ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Икша I .....	100
3.2.6 Расчет параметров максимальной токовой защиты ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино, ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино .....	101
3.3 Расчет параметров автоматического повторного включения ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино, ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино .....	103
3.3.1 Расчет параметров автоматического повторного включения ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино.....	103
3.3.2 Расчет параметров автоматического повторного включения ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино.....	105
3.4 Расчет параметров токовой защиты ошиновки ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино, ВЛ	

Согласовано												
Взам. инв. №												
Подп. и дата												
Инв. № подл.							Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ					
							Пояснительная записка					

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.		Николаев			
Пров.		Жуков			
Н. контр.		Васильев			
ГИП		Булаев			

Стадия	Лист	Листов
П	1	127
ООО «Интеллектуальные системы и сети»		

110 кВ Икша I – Ермолино на ПС 110 кВ Ермолино.....	106
3.5 Расчет параметров срабатывания защит трансформаторов Т-1, Т-2 .....	108
3.5.1 Расчет параметров дифференциальной токовой защиты трансформаторов Т-1, Т-2 .....	108
3.5.2 Расчет параметров токовых защит трансформаторов Т-1, Т-2 .....	113
3.5.3 Расчет параметров дифференциальной защиты ошиновки Т-1 и Т-2 .....	123
3.6 Расчет параметров устройства резервирования при отказе выключателя .....	126
Таблица регистрации изменений .....	127

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ			2

## Введение

Целью настоящей работы является расчет уставок для комплекса релейной защиты и автоматики на проектируемой подстанции 110 кВ Ермолино, сооружаемой в объемах, предусмотренных титулом «Строительство ПС 110 кВ Ермолино с установкой двух трансформаторов напряжением 110/10 кВ мощностью 25 МВА каждый и заходов от ВЛ 110 кВ Икша -Белый Раст № 3 на ПС 110 кВ Ермолино с образованием ВЛ 110 кВ Икша 1 - Ермолино и ВЛ 110 кВ Белый Раст - Ермолино».

Работа выполнена в соответствии с требованиями следующих документов:

- Приказ министерства энергетики Российской Федерации от 13 февраля 2019 г. № 100 «Об утверждении Правил взаимодействия субъектов электроэнергетики, потребителей электрической энергии при подготовке, выдаче и выполнении заданий по настройке устройств релейной защиты и автоматики»;
- Приказ министерства энергетики Российской Федерации от 13 февраля 2019 г. № 101 «Об утверждении требований к оснащению линий электропередачи и оборудования объектов электроэнергетики классом напряжения 110 кВ и выше устройствами и комплексами релейной защиты и автоматики, а также к принципам функционирования устройств и комплексов релейной защиты и автоматики»;
- Приказ министерства энергетики Российской Федерации от 13 июля 2020 г. № 556 «Об утверждении Правил создания (модернизации) комплексов и устройств релейной защиты и автоматики в энергосистеме»;
- Положение ПАО «Россети» «О единой технической политике», утвержденное решением Совета директоров ПАО «Россети» (протокол от 28.12.2024 № 673)
- СТО 56947007-29.240.10.248-2017 «Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ (НТП ПС)»;
- СО 153-34.20.187-2003 «Рекомендации по технологическому проектированию подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ»;
- ПУЭ 7 издание;
- другие действующие нормативно-технические документы.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист	
									3	
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата					

Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ

## Перечень принятых сокращений

### Обозначения и сокращения:

- |         |   |  |
|---------|---|--|
| АБ      | – | аккумуляторная батарея;  |
| АПВ     | – | автоматическое повторное включение;                                |
| АРМ РЗА | – | автоматизированное рабочее место персонала службы РЗА;             |
| АСУ ТП  | – | автоматизированная система управления технологическими процессами; |
| АУВ     | – | автоматика управления выключателем;                                |
| БНН     | – | блокировка при неисправности цепей напряжения;                     |
| ВЛ      | – | воздушная линия;   |
| ГЗ      | – | газовая защита;  |
| ДЗ      | – | дистанционная защита;  |
| ДЗО     | – | дифференциальная токовая защиты ошиновки                           |
| ЗПО     | – | защита от потери охлаждения;                                       |
| ИТС     | – | информационно-технологическая система;                             |
| КЗ      | – | короткое замыкание;  |
| КННЛ    | – | контроль наличия напряжения на линии;                              |
| КННШ    | – | контроль наличия напряжения на шинах;                              |
| КОНЛ    | – | контроль отсутствия напряжения на линии;                           |
| КОНШ    | – | контроль отсутствия напряжения на шинах;                           |
| КС      | – | контроль синхронизма;  |
| КСЗ     | – | комплект ступенчатых защит;  |
| КЦН     | – | контроль цепей переменного напряжения;                             |
| ЛЭП     | – | линия электропередачи;   |
| МП      | – | микропроцессорный;   |
| МТЗ     | – | максимальная токовая защита;                                       |
| МЭК     | – | международная электротехническая комиссия;                         |
| ОМП     | – | определение места повреждения;                                     |
| ОРУ     | – | открытое распределительное устройство;                             |
| ПА      | – | противоаварийная автоматика;                                       |
| ПС      | – | электрическая подстанция;  |
| РАС     | – | регистрация аварийных событий;                                     |
| РЗ      | – | релейная защита;   |

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	<p>МТЗ – максимальная токовая защита;</p> <p>МЭК – международная электротехническая комиссия;</p> <p>ОМП – определение места повреждения;</p> <p>ОРУ – открытое распределительное устройство;</p> <p>ПА – противоаварийная автоматика;</p> <p>ПС – электрическая подстанция;</p> <p>РАС – регистрация аварийных событий;</p> <p>РЗ – релейная защита;</p>					
			<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div> <p>Изм.</p> <p>Кол.уч.</p> <p>Лист</p> <p>№ док.</p> <p>Подп.</p> <p>Дата</p> </div> <div style="text-align: center; flex-grow: 1;"> <p>Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ</p> </div> <div> <p>Лист</p> <p>4</p> </div> </div>					

РЗА – релейная защита и автоматика;  
 РУ – распределительное устройство;  
 СЗ – ступенчатые защиты;  
 СОПТ – система оперативного постоянного тока;  
 СШ – система шин;  
 Т – трансформатор;  
 Т(Н)ЗНП – токовая (направленная) защита нулевой последовательности;  
 ТН – трансформатор напряжения;  
 ТТ – трансформатор тока;  
 УПАСК – устройство приема/передачи аварийных сигналов и команд;  
 УРОВ – устройство резервирования отказа выключателя;  
 ЦСПИ – цифровая система передачи информации;  
 ШРОТ – шкаф распределительный оперативного постоянного тока.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист	
									5	
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ	





## 2 Краткая характеристика объекта

Объектом проектирования является новая подстанция классом напряжения 110 кВ, которая будет располагаться на территории, выделенной для строительства индустриального парка Дмитров, на земельном участке по адресу: Московская область, поселок Спас-Каменка.

Для подключения ПС 110 кВ Ермолино к энергосистеме разрезается существующая воздушная линии электропередач ВЛ 110 кВ Белый Раст – Икша №3.

Схема первичных соединений РУ 110 кВ выполняется по типовой схеме №110-7 «Четырехугольник», к которому подключаются:

- ВЛ 110 кВ Икша 1 – Ермолино;
- ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино;
- Два силовых двухобмоточных трансформатора 110/10 кВ мощностью 25 МВА.
- РУ 10 кВ выполняется по схеме №10-1 «одна секционированная система шин».

В соответствии с заданием на проектирование в объеме строительства ПС предусмотрена установка следующего основного оборудования и строительство сооружений:

- установка открытого распределительного устройства 110 кВ по типовой схеме №110-7 «Четырехугольник» с возможностью расширения в перспективе до схемы №110-8 «Шестиугольник»;
- установка 2-х двухобмоточных силовых трансформаторов Т-1, Т-2, 110/11 кВ, мощностью 25 МВА каждый;
- установка блочно-модульного здания ОПУ, совмещенного с ЗРУ 10 кВ;
- установка двух трансформаторов собственных нужд (ТСН).

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ			7











$I_{2.от.уст}$  – уставка отключающего токового органа с пуском по  $I_2$ .

Чувствительность достаточна ( $k_q > 2,0$ ).

Определение коэффициента чувствительности токового отключающего органа  $I_2$  полукомплекта ДФЗ, установленного на ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино:

$$k_q = \frac{I_{2.КЗ.min}}{I_{2.от.уст}} = \frac{332}{100} = 3,32$$

где  $I_{2.КЗ.min} = 332$  А – минимальный ток обратной последовательности, протекающий через полукомплект защиты, при двухфазном коротком замыкании на землю у 1 сек. 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст в минимальном режиме работы электрической сети (отключены ВЛ 110 кВ Новософрино – Яхрома с отпайками, Т-1 ПС 110 кВ Икша I, Т-2 ПС 110 кВ Комсомольская, Т-2 ПС 110 кВ Яхрома);

$I_{2.от.уст}$  – уставка отключающего токового органа с пуском по  $I_2$ .

Чувствительность достаточна ( $k_q > 2,0$ ).

#### Расчет уставки ИО с пуском по приращению dI2

Токовый орган с пуском по приращению DI<sub>2</sub> не используется.

#### Расчет уставки ИО с пуском по приращению dI1

Токовый орган с пуском по приращению DI<sub>1</sub> не используется.

#### Орган манипуляции. Коэффициент комбинированного фильтра токов K

Коэффициент комбинированного фильтра токов K определяется исходя из расчета необходимой чувствительности при несимметричных КЗ в минимальном, с точки зрения токов КЗ, режиме работы линии с обеспечением предпочтительного сравнения векторов токов I<sub>2</sub> с учетом тока нагрузки. Чем больше K, тем меньше влияние токов нагрузки в режиме, предшествующем КЗ. Однако, следует учитывать, что при больших значениях этого коэффициента возрастает влияние тока небаланса ТТ при внешних симметричных КЗ на правильность измерения фазы первичного тока.

Коэффициента комбинированного фильтра токов K для полукомплекта ДФЗ, установленного на ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 750 кВ Белый Раст, рассчитывается по формуле:

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист	
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ				13



$$K = 1,5 \cdot \max \left( \left( \frac{I_1^{(1.1)} + I_{\text{нагр}}}{I_2^{(1.1)}} \right) \text{или} \left( \frac{I_{\text{нагр}}}{I_2^{(1)}} \right) \right) = 1,5 \cdot \max \left( \left( \frac{5643 + 605}{2911} \right) \text{или} \left( \frac{605}{1915} \right) \right) = 3,2$$

где  $I_1^{(1.1)} = 5643 \text{ А}$ ,  $I_2^{(1.1)} = 2911 \text{ А}$  – ток прямой и обратной последовательности при двухфазном КЗ на землю вблизи ПС 110 кВ Ермолино на ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино в расчетном режиме работы электрической сети (размыкание 1 и 2 сек. 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст, отключены ВЛ 110 кВ Солнечногорск – Белый Раст I, II цепь);

$I_2^{(1)} = 1915 \text{ А}$  – ток обратной последовательности при однофазном КЗ на землю вблизи ПС 110 кВ Ермолино на ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино в расчетном режиме работы электрической сети (размыкание 1 и 2 сек. 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст, отключен АТ-4 на ПС 750 кВ Белый Раст).

$I_{\text{нагр}} = 605 \text{ А}$  – ток нагрузки.

Коэффициента комбинированного фильтра токов  $K$  для полуконтакта ДФЗ, установленного на ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино, рассчитывается по формуле:

$$K = 1,5 \cdot \max \left( \left( \frac{I_1^{(1.1)} + I_{\text{нагр}}}{I_2^{(1.1)}} \right) \text{или} \left( \frac{I_{\text{нагр}}}{I_2^{(1)}} \right) \right) = 1,5 \cdot \max \left( \left( \frac{814 + 605}{364} \right) \text{или} \left( \frac{430}{610} \right) \right) = 5,84$$

где  $I_1^{(1.1)} = 814 \text{ А}$ ,  $I_2^{(1.1)} = 364 \text{ А}$  – ток прямой и обратной последовательности при двухфазном КЗ на землю у 1 сек. 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст на ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино в расчетном режиме работы электрической сети (отключены ВЛ 110 кВ Новософрино – Яхрома I, II цепь с отпайками);

$I_2^{(1)} = 430 \text{ А}$  – ток обратной последовательности при однофазном КЗ на землю у 1 сек. 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст на ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино в расчетном режиме работы электрической сети (отключены ВЛ 110 кВ Новософрино – Яхрома I, II цепь с отпайками).

$I_{\text{нагр}} = 605 \text{ А}$  – ток нагрузки.

Коэффициент комбинированного фильтра токов  $K$  выбирается наибольшим из рассчитанных для двух комплектов и обязательно одинаковым для всех концов ЛЭП.

Коэффициента фильтра манипуляции для комплектов ДФЗ ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 750 кВ Белый Раст и со стороны ПС 110 кВ Ермолино принимается:  $K = 6$ .

Взам. инв. №						
Подп. и дата						
Инв. № подл.						
<p>Отпайками).</p> <p><math>I_{\text{нагр}} = 605 \text{ А}</math> – ток нагрузки.</p> <p>Коэффициент комбинированного фильтра токов <math>K</math> выбирается наибольшим из рассчитанных для двух комплектов и обязательно одинаковым для всех концов ЛЭП.</p> <p><u>Коэффициента фильтра манипуляции</u> для комплектов ДФЗ ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 750 кВ Белый Раст и со стороны ПС 110 кВ Ермолино <u>принимается</u>: <math>K = 6</math>.</p>						
						Лист
						14
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ



где  $K$  – коэффициент комбинированного фильтра токов;

$I_1^{(1.1)} = 814 \text{ А}$ ,  $I_2^{(1.1)} = 364 \text{ А}$  – ток прямой и обратной последовательности при двухфазном КЗ на землю у 1 сек. 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст на ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино в расчетном режиме работы электрической сети (отключены ВЛ 110 кВ Новософрино – Яхрома I, II цепь с отпайками);

$I_2^{(1)} = 430 \text{ А}$  – ток обратной последовательности при однофазном КЗ на землю у 1 сек. 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст на ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино в расчетном режиме работы электрической сети (отключены ВЛ 110 кВ Новософрино – Яхрома I, II цепь с отпайками).

$I_{\text{max.раб}} = 605 \text{ А}$  – максимальный рабочий ток;

$I_{2\text{бл.уст}}$  – уставка блокирующего токового органа с пуском по  $I_2$ .

Чувствительность достаточна ( $k_q > 1,1$ ).

### Коэффициент чувствительности манипуляции при симметричных КЗ

Коэффициент чувствительности манипуляции при симметричных КЗ  $k_{\text{ч ман.сим}}$  должен быть больше 1,1.

Коэффициент чувствительности манипуляции при симметричных КЗ для полукompлекта ДФЗ, установленного на ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 750 кВ Белый Раст. Коэффициент чувствительности необходимо рассчитывать по формуле:

$$k_{\text{ч ман.сим}} = \frac{\min I_1^{(3)}}{K \cdot I_{2\text{бл.уст}}} = \frac{6281}{6 \cdot 50} = 20,9$$

где  $I_{1,\text{min}}^{(3)} = 6281 \text{ А}$  – минимальный ток прямой последовательности, протекающий через полукompлект защиты, при трехфазном коротком замыкании вблизи ПС 110 кВ Ермолино на ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино в расчетном режиме работы электрической сети (размыкание 1 и 2 сек. 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст, отключен АТ-4 на ПС 750 кВ Белый Раст);

$K$  – коэффициент комбинированного фильтра токов;

$I_{2\text{бл.уст}}$  – уставка блокирующего токового органа с пуском по  $I_2$ .

Чувствительность достаточна ( $k_q > 1,1$ ).

Коэффициент чувствительности манипуляции при симметричных КЗ для полукompлекта ДФЗ, установленного на ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино. Коэффициент чувствительности необходимо рассчитывать по формуле:

Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ

Лист

16





Формат А4

Принимаем:  $X_{откл.уст} = 7,2 \text{ Ом}$ ;  $R_{откл.уст} = 4,0 \text{ Ом}$ ;  $\varphi_R = 63^\circ$  для комплектов ДФЗ ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 750 кВ Белый Раст и со стороны ПС 110 кВ Ермолино.

**Выбор уставки токового органа с пуском по току нулевой последовательности  $I_0$ , действующего на блокировку и отключение**

Уставки по току нулевой последовательности рекомендуется выбирать самыми грубыми.

### **3.1.2 Расчет параметров дифференциально-фазной защиты ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино**

В качестве основных быстродействующих защит ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Икша I используются существующие комплекты дифференциально-фазной защиты линии (ДФЗ), реализованные на электромеханической базе типа ДФЗ-201, со стороны ПС 110 кВ Ермолино планируются к установке комплекты дифференциально-фазной защиты линии (ДФЗ) на базе микропроцессорных шкафов РЗ ШЭ2607 086 и ШЭ2607 082 производства ООО НПП «ЭКРА».

### **Расчет параметров срабатывания дифференциально-фазной защиты со стороны ПС 110 кВ Ермолино**

Расчет параметров срабатывания дифференциально-фазной защиты ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино выполнен в соответствии с рекомендациями, изложенными в «Рекомендации по выбору уставок дифференциально-фазной защиты линии напряжением 110-220 кВ» ЭКРА.650323.111 Д7 (Редакция от 07.06.2022).

### **Выбор уставок и проверка чувствительности ПО ДФЗ**

***Выбор уставки токового органа с пуском по вектору разности фазных токов  $I_{л.бл.}$ , действующего на блокировку***

*Выбор уставки токового органа с пуском по вектору разности фазных токов, действующего на блокировку ( $I_{л.бл.уст}$ ), осуществляется исходя из обеспечения пуска передатчика при внешних симметричных КЗ с большим током и условия отстройки от максимального рабочего тока  $I_{\max.раб.}$*

Наличие ПО  $I_{л.бл.}$  обеспечивает пуск ВЧ передатчика на обоих концах ЛЭП при внешних симметричных повреждениях, сопровождающихся протеканием больших токов. Благодаря этому обеспечивается правильная работа защиты даже в том случае, когда на одном из концов ВЛ под влиянием тока небаланса в симметричном режиме срабатывает ПО  $I_{2от.}$

Взам. инв. №							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ	Лист
							20





через полукомплект защиты, при трехфазном коротком замыкании у I СШ ПС 110 кВ Икша I в минимальном режиме работы электрической сети (размыкание 1 и 2 сек. 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст, отключен АТ-4 на ПС 750 кВ Белый Раст);

$I_{л.от.уст}$  – уставка отключающего токового органа по разности фазных токов.

Чувствительность достаточна ( $k_q > 2,0$ ).

## Расчет уставки и проверка чувствительности ПО тока обратной последовательности $I_2$

### *Выбор уставки токового органа с пуском по току обратной последовательности $I_{2.бл}$ , действующего на блокировку*

Выбор уставки токового органа с пуском по току обратной последовательности, действующего на блокировку ( $I_{2.бл.уст}$ ), осуществляется исходя из отстройки от тока небаланса, определяемого погрешностями ТТ, частотными небалансами фильтров обратной последовательности и погрешностями их настройки, а также небалансами нагрузочного режима сети.

$$I_{2.бл.уст} = \frac{k_{отс} \cdot I_{2.нб.расч}}{k_{возв}} = \frac{1,3 \cdot 16}{0,95} = 21,9 \text{ А}$$

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

$k_{возв} = 0,95$  – коэффициент возврата принимается равным;

$I_{2.нб.расч}$  - расчетный ток небаланса обратной последовательности.

Ток небаланса обратной последовательности ( $I_{2.нб.расч}$ ) рассчитывается по выражению:

$$I_{2.нб.расч} = I_{раб.макс} \cdot \sqrt{\left(\left(\frac{\varepsilon}{3}\right)^2 + \left(k_f \cdot \frac{\Delta f}{f_{ном}}\right)^2 + \Delta\Phi^2 + k_{2.сети}^2\right)} = I_{раб.макс} \cdot 0,025 = 605 \cdot 0,025 = 15,13 \text{ А}$$

где  $I_{раб.макс} = 605 \text{ А}$  – максимальный рабочий фазный ток;

$\varepsilon = 0,03$  – полная погрешность ТТ, согласно ГОСТ 7746-2001 «Трансформаторы тока.

Общие технические условия».

$k_f = 0,23$  – коэффициент частотной зависимости ФТОП по данным разработчика;

$\frac{\Delta f}{f_{ном}} = 0,04$  – относительная погрешность отклонения частоты;

$\Delta\Phi = 0,005$  – относительная погрешность настройки фильтра с учётом погрешности датчиков тока;

$k_{2.сети} = 0,02$  – коэффициент несимметрии тока обратной последовательности.

Взам. инв. №		$\varepsilon = 0,03$ – полная погрешность ТТ, согласно ГОСТ 7746-2001 «Трансформаторы тока. Общие технические условия».						
		$k_f = 0,23$ – коэффициент частотной зависимости ФТОП по данным разработчика;						
Подп. и дата		$\frac{\Delta f}{f_{ном}} = 0,04$ – относительная погрешность отклонения частоты;						
		$\Delta\Phi = 0,005$ – относительная погрешность настройки фильтра с учётом погрешности датчиков тока;						
Инв. № подл.		$k_{2.сети} = 0,02$ – коэффициент несимметрии тока обратной последовательности.						
								Лист
		Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	

Нижний предел регулирования токового органа с пуском по току обратной последовательности, действующего на блокировку со стороны ПС 110 кВ Ермолино –  $I_{2.бл.уст} = 0,025 \cdot I_{ном.ТТ} = 20 \text{ А}$ .

Принимаем:  $I_{2.бл.уст} = 50 \text{ А}$  для комплекта ДФЗ ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино.

***Выбор уставки токового органа с пуском по току обратной последовательности  $I_{2.от.}$  действующего на отключение***

Выбор уставки токового органа с пуском по току обратной последовательности, действующего на отключение ( $I_{2.от.уст}$ ), осуществляется исходя из следующих условий:

а) отстройка от  $I_{2.бл.уст}$  того конца линии, с которым согласовывается данный комплект, с учетом коэффициента ответвления:

$$I_{2.от.уст} = k_{отв} \cdot k_{отс} \cdot I_{2.бл.уст} = 1 \cdot 2 \cdot 120 = 240 \text{ А}$$

где  $k_{отв} = 1,0$  – коэффициент ответвления;

$I_{2.бл.уст}$  – уставка блокирующего токового органа с пуском по  $I_2$ ;

$k_{отс} = 1,5 - 2,0$  – коэффициент отстройки.

При выборе коэффициента отстройки ( $k_{отс} = 2,0$ ),  $I_{2.от.уст}$  автоматически будет отстроен от тока небаланса обратной последовательности, возникающего в режиме внешнего трехфазного КЗ при токе, обеспечивающем срабатывание  $I_{л.бл}$  с обоих концов линии.

б) отстройка от составляющей обратной последовательности емкостного тока линии, обусловленной кратковременной несимметрией при включении линии под напряжение.

$$I_{2.от.уст} = k_{отс} \cdot \frac{I_{емк}}{3} = 2,0 \cdot \frac{0,82}{3} = 0,55 \text{ А}$$

где  $k_{отс} = 2,0$  – коэффициент отстройки, учитывающий необходимый запас на увеличение емкостного тока в переходном режиме;

$$I_{емк} = \frac{U_{ном}}{\sqrt{3}} \cdot b_1 \cdot L_l = \frac{115 \cdot 10^3}{\sqrt{3}} \cdot 2,84 \cdot 10^{-6} \cdot 4,349 = 0,82 \text{ А} - \text{емкостной ток линии};$$

$U_{ном}$  – номинальное напряжение;

$b_1 = 2,84 \text{ мкСм/км}$  – удельная емкостная проводимость линии;

$L = 4,349 \text{ км}$  – длина линии.

Принимаем:  $I_{2.от.уст} = 240 \text{ А}$  для комплекта ДФЗ ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино.

Взам. инв. №	$I_{\text{емк}} = \frac{U_{\text{ном}}}{\sqrt{3}} \cdot b_1 \cdot L_{\text{л}} = \frac{115 \cdot 10^3}{\sqrt{3}} \cdot 2,84 \cdot 10^{-6} \cdot 4,349 = 0,82 \text{ А} - \text{емкостной ток линии};$ $U_{\text{ном}} - \text{номинальное напряжение};$ $b_1 = 2,84 \text{ мкСм/км} - \text{удельная емкостная проводимость линии};$ $L = 4,349 \text{ км} - \text{длина линии}.$ <p><u>Принимаем:</u> <math>I_{2.\text{от.уст}} = 240 \text{ А}</math> для комплекта ДФЗ ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино.</p>						
	Подп. и дата						
Инв. № подл.							
							Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	23	

### Определение коэффициента чувствительности

Минимальное значение коэффициента чувствительности к несимметричным КЗ должно быть больше 2.

Определение коэффициента чувствительности токового отключающего органа  $I_2$  полукомплекта ДФЗ, установленного на ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино:

$$k_q = \frac{I_{2.КЗ.min}}{I_{2.от.уст}} = \frac{746}{240} = 3,11$$

где  $I_{2.КЗ.min} = 746$  А – минимальный ток обратной последовательности, протекающий через полукомплект защиты, при однофазном коротком замыкании на землю у I СШ ПС 110 кВ Икша I в минимальном режиме работы электрической сети (размыкание 1 и 2 сек. 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст, отключены АТ-4 на ПС 750 кВ Белый Раст, Т-1 на ПС 110 кВ Ермолино);

$I_{2.от.уст}$  – уставка отключающего токового органа с пуском по  $I_2$ .

Чувствительность достаточна ( $k_q > 2,0$ ).

### Расчет уставки ИО с пуском по приращению dI2

Токовый орган с пуском по приращению DI<sub>2</sub> не используется.

### Расчет уставки ИО с пуском по приращению dI1

Токовый орган с пуском по приращению DI<sub>1</sub> не используется.

### Орган манипуляции. Коэффициент комбинированного фильтра токов K

Коэффициент комбинированного фильтра токов K определяется исходя из расчета необходимой чувствительности при несимметричных КЗ в минимальном, с точки зрения токов КЗ, режиме работы линии с обеспечением предпочтительного сравнения векторов токов I<sub>2</sub> с учетом тока нагрузки. Чем больше K, тем меньше влияние токов нагрузки в режиме, предшествующем КЗ. Однако, следует учитывать, что при больших значениях этого коэффициента возрастает влияние тока небаланса ТТ при внешних симметричных КЗ на правильность измерения фазы первичного тока.

Коэффициента комбинированного фильтра токов K для полукомплекта ДФЗ, установленного на ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино, рассчитывается по формуле:

Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № подл.							Лист		
											24
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата			



$I_2^{(1)} = 746 \text{ А}$  – ток обратной последовательности при однофазном КЗ на землю у I СШ ПС 110 кВ Икша I в минимальном режиме работы электрической сети (размыкание 1 и 2 сек. 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст, отключены АТ-4 на ПС 750 кВ Белый Раст, Т-1 на ПС 110 кВ Ермолино).

$I_{\text{max.раб}} = 605 \text{ А}$  - максимальный рабочий ток;

$I_{2\text{бл.уст}}$  - уставка блокирующего токового органа с пуском по  $I_2$ .

Чувствительность достаточна ( $k_{\text{ч}} > 1,1$ ).

### Коэффициент чувствительности манипуляции при симметричных КЗ

Коэффициент чувствительности манипуляции при симметричных КЗ  $k_{\text{ч ман.сим}}$  должен быть больше 1,1.

Коэффициент чувствительности манипуляции при симметричных КЗ для полукompлекта ДФЗ, установленного на ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино. Коэффициент чувствительности необходимо рассчитывать по формуле:

$$k_{\text{ч ман.сим}} = \frac{\min I_1^{(3)}}{K \cdot I_{2\text{бл.уст}}} = \frac{2789}{6 \cdot 50} = 9,3$$

где  $I_{1,min}^{(3)} = 2789 \text{ А}$  – минимальный ток прямой последовательности, протекающий через полукompлект защиты, при трехфазном коротком замыкании у I СШ ПС 110 кВ Икша I на ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино в расчетном режиме работы электрической сети (размыкание 1 и 2 сек. 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст, отключен АТ-4 на ПС 750 кВ Белый Раст);

$K$  – коэффициент комбинированного фильтра токов;

$I_{2\text{бл.уст}}$  – уставка блокирующего токового органа с пуском по  $I_2$ .

Чувствительность достаточна ( $k_{\text{ч}} > 1,1$ ).

### Орган сравнения фаз. Выбор уставки по углу блокировки

Уставка по углу блокировки выбирается исходя из длины участка ЛЭП, на котором установлена защита. Для ЛЭП менее 60 км принимаем:  $\varphi_{\text{бл}} = 50^\circ$ .

### Расчет уставки и проверка чувствительности отключающего реле сопротивления

Выбор уставки  $R_{\text{откл}}$  определяется по условию отстройки от минимального сопротивления нагрузки линии:

$$R_{\text{откл.уст}} = R_{\text{раб,min}} - \frac{X_{\text{раб,min}}}{\text{tg} \varphi_{\text{мч}}} = 100,1 - \frac{57,8}{\text{tg} 61^\circ} = 68,1 \text{ Ом}$$

Взам. инв. №						
	Подп. и дата					
Инв. № подл.						
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ
						Лист
						26

$$R_{\text{паб},\min} = \frac{0,9 \cdot U_{\text{ном}} \cdot k_B \cdot k_H}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{паб},\max}} \cdot \cos \varphi_{\text{нарг}} = \frac{0,9 \cdot 110 \cdot 10^3 \cdot 1,02 \cdot 1,2}{\sqrt{3} \cdot 605} \cdot \cos 30^\circ = 100,1 \text{ Ом.}$$
$$X_{\text{раб, min}} = \frac{0,9 \cdot U_{\text{ном}} \cdot k_B \cdot k_H}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{раб, макс}}} \cdot \sin \varphi_{\text{нагр}} = \frac{0,9 \cdot 110 \cdot 10^3 \cdot 1,02 \cdot 1,2}{\sqrt{3} \cdot 605} \cdot \sin 30^\circ = 57,8 \text{ Ом.}$$

принимается равным углу линии;

 $k_{\text{B}} = 1,02$  – коэффициент возврата;
$$\varphi_{\text{нагр}} = 30^0 - \text{угол нагрузки.}$$

Проверка чувствительности при КЗ через переходное сопротивление для полуконтакта ДФЗ, установленного на ВЛ 110 кВ Икша I – Еромино со стороны ПС 110 кВ Еромино:

$$R_{\text{чувст}} = 1,5 \left( R_{\text{1ВЛ}} + R_{\text{дуги}} \left( 1 + \frac{I_{1II}^{(3)}}{I_{1I}^{(3)}} \right) \right) = 1,5 \left( 1,052 + 0,37 \left( 1 + \frac{0}{7496} \right) \right) = 2,13 \text{ Ом}$$

где  $R_{1ВЛ} = 1,052 \text{ Ом}$  – активное сопротивление прямой последовательности защищаемой линии;

 $R_{\text{дуги}}$  – активное сопротивление дуги;

$I_{1I}^{(3)}$  – максимальный ток трехфазного КЗ со стороны полуконтакта на «своем» конце ВЛ;

$I_{1II}^{(3)}$  – максимальный ток трехфазного КЗ со стороны полуконтакта на противоположном конце ВЛ.

$$R_{\text{дуги}} = \frac{1050 \cdot m \cdot D_{\text{кр}}}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{кз}}} = \frac{1050 \cdot 1,3 \cdot 3,5}{\sqrt{3} \cdot 7496} = 0,37 \text{ Ом}$$

$m$  – коэффициент, учитывающий раздувание дуги за время действия защиты (принимается равным 1,3 для времени действия защиты до 0,1 сек.);

$D_{\text{ст}}$  – расстояние между проводами фаз (для 110 кВ принимаем 3,5 м);

$I_{\text{КЗ}_{\text{мин}}} = 7496 \text{ А}$  – минимальный фазный ток при трехфазном КЗ в конце защищаемой линии у I СШ ПС 110 кВ Икша I на ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино в расчетном режиме работы электрической сети (размыкание 1 и 2 сек. 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст, отключен АТ-4 на ПС 750 кВ Белый Раст) «в каскаде».

$$R_{\text{ЧУВСТ}} \text{ должно быть меньше или равно } 0,7 \cdot R_{\text{ОТКЛ.УСТ}}:$$

$$R_{\text{чввст}} \leq 0,7 \cdot R_{\text{откл.вст}} = 0,7 \cdot 3,5 = 2,45$$

$$2,13 < 2,45$$

Предварительно принимаем:  $R_{откл.уст} = 3,5 \text{ Ом.}$

*Выбор уставки реле сопротивления  $Z_{откл}$  по реактивной составляющей  $X_{откл}$  определяется по условию отстройки от минимального сопротивления нагрузки линии.*

Уставка по реактивной составляющей сопротивления ИО  $X_{откл}$  определяется исходя из надежного охвата всей длины линии.

Если длина линии  $< 150 \text{ км}$ , то

$$X_{откл L \text{ уст}} = 2 \cdot X_{1уд} \cdot L = 2 \cdot 0,428 \cdot 4,349 = 3,72 \text{ Ом}$$

где  $X_{1уд}$  – реактивное удельное сопротивление ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино прямой последовательности;

$L$  – длина ЛЭП.

Предварительно принимаем:  $X_{откл \text{ уст}} = 4,0 \text{ Ом.}$

*Выбор уставки реле сопротивления  $Z_{откл}$  по углу максимальной чувствительности.*

Угол максимальной чувствительности вычисляется алгоритмом защиты, исходя из заданных удельных параметров линии. Ниже приводятся формулы для его расчета:

Угол наклона характеристики ИО  $Z_{откл}$  к оси R:

$$\varphi_R = \arctg \left( \frac{X_{1уд}}{R_{1уд}} \right) = \arctg \left( \frac{0,428}{0,242} \right) \approx 61^\circ$$

где  $X_{1уд}$  – реактивное удельное сопротивление ВЛ прямой последовательности;

$R_{1уд}$  – активное удельное сопротивление ВЛ прямой последовательности.

Принимаем:  $\varphi_R = 61^\circ$ .

Угол наклона характеристики ИО  $Z_{откл}$  к оси X:

$$\varphi_X = 90^\circ - \varphi_R = 90^\circ - 61^\circ = 29^\circ$$

Принимаем:  $X_{откл \text{ уст}} = 6,15 \text{ Ом}; R_{откл.уст} = 3,5 \text{ Ом}; \varphi_R = 61^\circ$  для комплекта ДФЗ ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино.

**Выбор уставки токового органа с пуском по току нулевой последовательности ИО, действующего на блокировку и отключение**

Уставки по току нулевой последовательности рекомендуется выбирать самыми грубыми.

### **Расчет параметров срабатывания дифференциально-фазной защиты со стороны ПС 110 кВ Икша I**

Расчет параметров срабатывания дифференциально-фазной защиты ВЛ 110 кВ Икша I –

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	<p>Выбор уставки токового органа с пуском по току нулевой последовательности <b>10</b>, действующего на блокировку и отключение</p> <p>Уставки по току нулевой последовательности рекомендуется выбирать самыми грубыми.</p> <p><b><u>Расчет параметров срабатывания дифференциально-фазной защиты со стороны ПС 110 кВ Икша I</u></b></p> <p>Расчет параметров срабатывания дифференциально-фазной защиты ВЛ 110 кВ Икша I –</p>																				
			<table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Изм.</td><td>Кол.уч.</td><td>Лист</td><td>№ док.</td><td>Подп.</td><td>Дата</td></tr></table>																		Изм.	Кол.уч.	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата																		

Д208320-330739Пир-227.0-ИЛО8.4.ПЗ						Лист
						28





разности фазных токов.

б) Отстройка от нагрузочного максимального тока в аварийном режиме:

$$I_{с.р.п}^{(0)} \geq k_H I_{раб.мах} = 1,3 \cdot 605 = 787 \text{ А},$$

где  $I_{раб.мах}$  – максимальный ток нагрузки в аварийном режиме работы энергосистемы;

$k_H = 1,3$  – коэффициент надежности для отстройки 1-2РТ от тока нагрузки в аварийном режиме работы энергосистемы.

Принимаем  $I_{с.р.п}^{(0)} = 1110 \text{ А}$ .

3) *Определение коэффициента чувствительности отключающего реле тока (1-2ПР)*

Минимальное значение коэффициента чувствительности должно быть больше 2.

Определение коэффициента чувствительности 1-2ПР полукомплекта ДФЗ, установленного на ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Икша I:

$$k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{КЗ},\text{min}}^{(3)}}{I_{с.р.п}^{(0)}} = \frac{4362}{1110} = 3,93 > 2$$

где  $I_{\text{КЗ},\text{min}}^{(3)} = 4362 \text{ А}$  – минимальное значение тока при трехфазном КЗ вблизи ПС 110 кВ Ермолино на ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино в минимальном режиме работы электрической сети (отключены ВЛ 110 кВ Икша I – Белый Раст I цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая, Т-1 на ПС 110 кВ Икша I);

$I_{с.р.п}^{(0)} = 1110 \text{ А}$  – уставка отключающего реле тока (1-2РТ).

Чувствительность достаточна ( $k_{\text{ч}} > 2,0$ ).

***Выбор уставок устройства фильтр-реле пускового органа, содержащего реле, действующего на пуск ВЧ передатчика (1-1 ПР) и реле, действующие на отключение (1-2ПР)***

1) *Выбор уставки устройства фильтр-реле, действующие на отключение (1-2ПР)*

Уставка  $I_{2\text{уст}}$  выбирается исходя из следующих критериев:

а) Отстройка пускового реле от тока небаланса в максимальном нагрузочном режиме:

$$I_{2\text{уст}} \geq \frac{k_3 \cdot k_H}{k_B} (I_{2\text{нб.п}} + I_{2\text{несим.п}}) = \frac{2 \cdot 1,2}{0,45} \cdot (15,13 + 0) = 81 \text{ А}$$

где  $k_3$  – отношение тока срабатывания отключающего реле к току срабатывания пускового реле  $k_3 = 2$ ;

$k_H$  – коэффициент надежности для отстройки от тока небаланса при максимальном токе нагрузки  $k_H = 1,2$ ;

Взам. инв. №						
	Подп. и дата					
Инв. № подл.						
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ
						Лист
						30

Формат А4

Коэффициент комбинированного фильтра токов  $K$  определяется исходя из расчета необходимой чувствительности при несимметричных КЗ в минимальном, с точки зрения токов КЗ, режиме работы линии с обеспечением предпочтительного сравнения векторов токов  $kI_2$  с учетом тока нагрузки. Чем больше  $K$ , тем меньше влияние токов нагрузки в режиме, предшествующем КЗ. Однако, следует учитывать, что при больших значениях этого коэффициента возрастает влияние тока небаланса ТТ при внешних симметричных КЗ на правильность измерения фазы первичного тока.

Коэффициента комбинированного фильтра токов  $K$  для полуконтакта ДФЗ, установленного на ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Икша I, рассчитывается по формуле:

$$K = 1,5 \cdot \max \left( \left( \frac{I_1^{(1.1)} + I_{\text{нагр}}}{I_2^{(1.1)}} \right) \text{или} \left( \frac{I_{\text{нагр}}}{I_2^{(1)}} \right) \right) = 1,5 \cdot \max \left( \left( \frac{3972 + 605}{2172} \right) \text{или} \left( \frac{605}{1085} \right) \right) = 3,2$$

где  $I_1^{(1.1)} = 3972 \text{ А}$ ,  $I_2^{(1.1)} = 2172 \text{ А}$  – ток прямой и обратной последовательности при двухфазном КЗ на землю вблизи ПС 110 кВ Ермолино на ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино в расчетном режиме работы электрической сети (отключена ВЛ 110 кВ Икша I – Комсомольская);

$I_2^{(1)} = 1085 \text{ А}$  – ток обратной последовательности при однофазном КЗ на землю вблизи ПС 110 кВ Ермолино на ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино в минимальном режиме работы электрической сети (отключены ВЛ 110 кВ Икша I – Белый Раст I, II цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая, Т-1 на ПС 110 кВ Икша I).

$I_{\text{нагр}} = 605 \text{ А}$  – ток нагрузки.

Коэффициент комбинированного фильтра токов  $K$  выбирается наибольшим из рассчитанных для двух комплектов и обязательно одинаковым для всех концов ЛЭП.

Коэффициента фильтра манипуляции принимаем:  $K = 6$ .

2) *Проверяем наличие на выходе фильтра манипуляции напряжения, достаточного для надежной манипуляции при несимметричных КЗ:*

$$k \geq \frac{n_{\text{т}} \cdot I_{1\text{min}} + I_{1\text{расч}}}{I_{2\text{расч}}} = \frac{240 \cdot 1,6 + 3972}{2172} = 2,01$$

где  $I_{1\text{min}}$  – минимальный вторичный ток ПП на входе фильтра манипуляции, при котором обеспечивается надежная манипуляция  $I_{1\text{min}} = 1,6 \text{ А}$ .

$I_{1\text{расч}} = 3972 \text{ А}$ ,  $I_{2\text{расч}} = 2172 \text{ А}$  – первичные токи прямой и обратной последовательности при двухфазном КЗ на землю вблизи ПС 110 кВ Ермолино на ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино в расчетном режиме работы электрической сети (отключена ВЛ 110 кВ

Взам. инв. №	<p>для надежной манипуляции при несимметричных КЗ.</p> $k \geq \frac{n_T \cdot I_{1min} + I_{1расч}}{I_{2расч}} = \frac{240 \cdot 1,6 + 3972}{2172} = 2,01$ <p>где <math>I_{1min}</math> – минимальный вторичный ток ПП на входе фильтра манипуляции, при котором обеспечивается надежная манипуляция <math>I_{1min} = 1,6A</math>.</p> <p><math>I_{1расч} = 3972 A, I_{2расч} = 2172 A</math> – первичные токи прямой и обратной последовательности при двухфазном КЗ на землю вблизи ПС 110 кВ Ермолино на ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино в расчетном режиме работы электрической сети (отключена ВЛ 110 кВ</p>										Лист
	Подп. и дата										
Инв. № подл.								Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ			
	Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата					

Икша I – Комсомольская).

Напряжения на выходе фильтра манипуляции достаточно для надежной манипуляции при несимметричных КЗ.

3) Проверяем наличие на выходе фильтра манипуляции напряжения, достаточного для надежной манипуляции при симметричных КЗ:

$$k \leq \frac{3 \left( 0,92 - \frac{n_T I_{1min}}{I_{K3}^{(3)}} \right)}{f_i} \frac{3 \left( 0,92 - \frac{240 \cdot 1,6}{12359} \right)}{0,2} = 13,3$$

где  $f_i = 0,2$  – максимальная погрешность трансформатора тока при максимальном режиме работы системы со стороны рассматриваемого ПК;

$I_{1min}$  - минимальный вторичный ток ПП на входе фильтра манипуляции, при котором обеспечивается надежная манипуляция  $I_{1min} = 1,6A$ ;

$I_{\text{кз}}^{(3)}$  – максимальный первичный ток трехфазного КЗ у шин ПС 110 кВ Ермолино  $I_{\text{кз}}^{(3)} = 12359 \text{ А}$ .

Напряжения на выходе фильтра манипуляции достаточно для надежной манипуляции при симметричных КЗ.

### Определение уставки сопротивления срабатывания реле 1РС

1) По условию отстройки от сопротивления на зажимах реле в рабочем режиме

$$Z_{\text{срп}} \leq \frac{Z_{\text{паб.мин}}}{k_{\text{н}} \cdot k_{\text{р}} \cdot \cos(\varphi_{\text{мч}} - \varphi_{\text{паб}})} = \frac{94,5}{1,12 \cdot 1,05 \cdot \cos(65 - 30)} = 98,1 \text{ 0м}$$

$$\text{где } Z_{\text{раб. min}} = \frac{0,9 \cdot U_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{раб. max}}} = \frac{0,9 \cdot 110 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 605} = 94,5 \text{ Ом} - \text{минимальное расчетное сопротивление;}$$

$k_{\text{н}}$  – коэффициент надежности для отстройки реле сопротивления от аварийного тока нагрузки  $k_{\text{н}} = 1,12$ ;

$k_{\text{Р}}$  – коэффициент возврата реле сопротивления  $k_{\text{Р}} = 1,05$ ;

$\varphi_{\text{мч}}$  – угол максимальной чувствительности реле  $\varphi_{\text{мч}} = 65^\circ$ ;

$\varphi_{\text{раб}}$  – угол полного сопротивления нагрузки  $\varphi_{\text{раб}} = 30^\circ$ .

$I_{\text{раб.мах}} = 605 \text{ А}$  - максимальный ток нагрузки в нормальном режиме работы энергосистемы;

 $U_{\text{ном}}$  – номинальное напряжение ВЛ.

Принимаем предварительно:  $Z_{срц} = 35,0 \text{ Ом}$ .

2) Проверка чувствительности реле сопротивления  $I_{PC}$

Минимальное значение коэффициента чувствительности должно быть больше 2.

Взам. инв. №	$\varphi_{мч}$ – угол максимальной чувствительности реле $\varphi_{мч} = 65^0$ ; $\varphi_{раб}$ – угол полного сопротивления нагрузки $\varphi_{раб} = 30^0$ . $I_{раб.мах} = 605$ А - максимальный ток нагрузки в нормальном режиме работы энергосистемы; $U_{ном}$ – номинальное напряжение ВЛ. Принимаем предварительно: $Z_{срп} = 35,0$ Ом. 2) Проверка чувствительности реле сопротивления 1РС Минимальное значение коэффициента чувствительности должно быть больше 2.						Лист	
	Подп. и дата							
Инв. № подл.							Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ	33
	Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		



$$\arctg\left(\frac{X_1}{R_1}\right) = \arctg\left(\frac{2,0}{1,04}\right) \approx 63^\circ.$$

Для уменьшения объема пояснительной записки при расчете представлены только определяющие расчетные условия, при определяющем виде КЗ.

### Выбор параметров срабатывания 1 ступени ДЗ

Отстройка сопротивления срабатывания 1 ступени ДЗ ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино от замера сопротивления при КЗ на 1 сек. 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст.

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ОТСТРОЙКА	XU	1.66	0.85	ВИД-КЗ ABC УЗЕЛ-КЗ 51115		ZCA=2.25 63
	RY	1.05				
	ФМЧ	63				
	Ф2	-15				
	Ф3	115				
	Ф4	0				

Уставки срабатывания первой ступени ДЗ принимаем:

Угол максимальной чувствительности:  $\varphi_{мчФФ} = 63^\circ$ ;

Реактивное сопротивление прямой последовательности:  $X_{уст} = 1,66$  Ом первичных (1,2 Ом вторичных);

Активное сопротивление прямой последовательности:  $R_{уст} = 0,93$  Ом первичных (0,67 Ом вторичных);

Время срабатывания ступени:  $t_{ср} = 0$  сек.

### Выбор параметров срабатывания 2 ступени ДЗ

Сопротивление срабатывания 2 ступени ДЗ ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино выбираем по отстройке от сопротивления замера при КЗ на 1(2) СШ 500 кВ ПС 750 кВ Белый Раст в максимальном режиме работы электрической сети (отключены ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I, II цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая).

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ОТСТРОЙКА	XU	13.1	0.85	ВИД-КЗ ABC УЗЕЛ-КЗ 51118	ЭЛ 102 103	ZCA=15.51 86
	RY	8.28				
	ФМЧ	63				
	Ф2	-15				
	Ф3	115				
	Ф4	0				

Сопротивление срабатывания 2 ступени ДЗ ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со

Взам. инв. №							Лист
	Подп. и дата						
Инв. № подл.							35
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ	

стороны ПС 110 кВ Ермолино выбираем по согласованию с 1 ступенью ДЗ ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая со стороны ПС 750 кВ Белый Раст при каскадном отключении повреждения в максимальном режиме работы электрической сети (размыкание 1-2 сек. 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст).

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 1 СТУПЕНЬЮ ХУ=2.17 РУ=1.20 Т=0.10 ФМЧ 65 Ф2 -15 Ф3 115 защита 1021 ШЭ2607 (1 51115- 60005) ЭЛ:ВЛ-110 ИКШ А-Б.РАСТ_1 ПС:Б.РАСТ 110 1С	ХУ РУ ФМЧ Ф2 Ф3	8.91 5.61 63 -15 115	0.85	ВИД-КЗ АВС ВЕЕР 102/51115 1 51115-60005,0.892 (Лотн_лин=0.746)	ОТКЛ 1 *23115-60005 ОТКЛ 0 51115- 511С5 ОТКЛ 0 51125- 511В5	ZCA=12.80 58 ZBC (Б)=2.13 66

Сопротивление срабатывания 2 ступени ДЗ ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино выбираем по согласованию с 1 ступенью ДЗ ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст II цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая со стороны ПС 750 кВ Белый Раст в максимальном режиме работы электрической сети (размыкание II-III СШ 110 кВ ПС 110 кВ Яхрома, отключена ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая).

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 1 СТУПЕНЬЮ ХУ=2.17 РУ=1.20 Т=0.10 ФМЧ 65 Ф2 -15 Ф3 115 защита 1031 ШЭ2607 (2 51125- 600А5) ЭЛ:ВЛ-110 ИКШ А-Б.РАСТ_2 ПС:Б.РАСТ 110 2С	ХУ РУ ФМЧ Ф2 Ф3	17.9 11.3 63 -15 115	0.85	ВИД-КЗ АВС ВЕЕР 103/51125 2 51125-600А5,0.892 (Лотн_лин=0.758)	ОТКЛ 0 12715- 12725 ЭЛ 102	ZCA=30.45 48 ZAB (Б)=2.13 66

Сопротивление срабатывания 2 ступени ДЗ ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино выбираем по согласованию с 1 ступенью ДЗ ВЛ 110 кВ Луговая – Белый Раст с отпайкой на ПС 110 кВ Аксаково со стороны ПС 750 кВ Белый Раст в максимальном режиме работы электрической сети (отключены ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I,

Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ

Лист

36

II цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая).

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 1 СТУПЕНЬЮ ХУ=4.50 РУ=2.50 Т=0.10 ФМЧ 65 Ф2 -15 Ф3 115 защита 1081 ШЭ2607 (51115-66405) ЭЛ:ВЛ-110 ЛУГ ОВАЯ-Б.РАСТ С ОТП. ПС:Б.РАСТ 110 1С	ХУ РУ ФМЧ Ф2 Ф3	20.8 13.1 63 -15 115	0.85	ВИД-КЗ АВС ВБЕР 108/51115 66405-51115,0.049 (Lотн_лин=0.684)	ЭЛ 102 103	ZCA=34.76 48 ZBC (Б)=4.50 64

Сопротивление срабатывания 2 ступени ДЗ ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино выбираем по согласованию с 1 ступенью ДЗ ВЛ 110 кВ Шереметьево – Белый Раст со стороны ПС 750 кВ Белый Раст в максимальном режиме работы электрической сети (отключены ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I, II цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая, КВЛ 110 кВ Хлебниково – Луговая I цепь).

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 1 СТУПЕНЬЮ ХУ=6.80 РУ=3.75 Т=0.10 ФМЧ 65 Ф2 -15 Ф3 115 защита 1071 ШЭ2607 (51125-42915) ЭЛ:ВЛ-110 ШЕР ЕМЕТЬЕВО-Б.РА СТ ПС:Б.РАСТ 110 2С	ХУ РУ ФМЧ Ф2 Ф3	29.8 18.8 63 -15 115	0.85	ВИД-КЗ АВС ВБЕР 107/51125 42915-51125,0.258 (Lотн_лин=0.742)	ЭЛ 102 103 ЭЛ 2864	ZCA=50.03 48 ZAB (Б)=6.83 64

Сопротивление срабатывания 2 ступени ДЗ ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино выбираем по согласованию с 1 ступенью ДЗ ВЛ 110 кВ Солнечногорск – Белый Раст I(II) цепь со стороны ПС 750 кВ Белый Раст в максимальном режиме работы электрической сети (отключены ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I, II цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая, КВЛ 110 кВ Хлебниково – Луговая I цепь).

Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ

Лист

37



Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 1 СТУПЕНЬЮ ХУ=11.4 РУ=6.30 Т=0.10 ФМЧ 65 Ф2 -15 Ф3 115 защита 1051 ШЭ2607 (1 51115- 11615) ЭЛ:ВЛ 110 СОЛ НЕЧНОГОРСК-В. РАСТ_1 ПС:В.РАСТ 110 1С	ХУ РУ ФМЧ Ф2 Ф3	41.0 25.8 63 -15 115	0.85	ВИД-КЗ АВС ВБЕР 105/51115 1 11615-51115,0.265 (Lотн_лин=0.735)	ЭЛ 102 103	ZCA=71.16 46 ZBC (Б)=11.48 64

Предварительно принимаем минимальную уставку из рассчитанных:  $\varphi_{мчФФ} = 63^0$ ,  
 $X_{уст} = 8,9 \text{ Ом}$ ,  $R_{уст} = 5,0 \text{ Ом}$ .

Проверка чувствительности ступени при КЗ в конце защищаемой ЛЭП.

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ЧУВСТВИНОСТЬ	ХУ РУ ФМЧ Ф2 Ф3 ХВТ РВТ УТР	8.90 5.00 63 -15 115 6.47 3.64 0.10	4.45 238 КЧзр= 2.97   32.25	ВИД-КЗ АВС УЗЕЛ-КЗ 51115		ZBC=2.25 63 IBC=2580 -155 Hbc=64 град

Чувствительность выше нормативной ( $k_{\text{ч}} > 1,5$ ).

Время срабатывания выбираем по согласованию с временем действия первых ступеней ДЗ смежных присоединений, отходящих от ПС 750 кВ Белый Раст, с учетом времени срабатывания УРОВ на ПС 750 кВ Белый Раст:

$$t_{\text{сз}} = t_{\text{сз,смеж}} + t_{\text{уров}} + \Delta t = 0,1 + 0,3 + 0,4 = 0,8 \text{ сек}$$

Уставки срабатывания второй ступени ДЗ принимаем:

Угол максимальной чувствительности:  $\varphi_{мчФФ} = 63^0$ ;

Реактивное сопротивление прямой последовательности:  $X_{уст} = 8,9 \text{ Ом}$  первичных (6,47 Ом вторичных);

Активное сопротивление прямой последовательности:  $R_{уст} = 5,0 \text{ Ом}$  первичных (3,64 Ом вторичных);

Время срабатывания ступени:  $t_{\text{ср}} = 0,8 \text{ сек}$ .

Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ

Лист

38

### Выбор параметров срабатывания 3 степени ДЗ

Степень используется для автоматического и оперативного ускорений. Уставка по сопротивлению выбирается по обеспечению чувствительности при КЗ в конце защищаемой линии.

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ЧУВСТВИНОСТЬ	XU RY ФМЧ Ф2 Ф3 ХВТ РВТ УТР	5.00 2.80 63 -15 115 3.64 2.04 0.10	2.50 133 КЧзр= 2.10   32.25	ВИД-КЗ АВС УЗЕЛ-КЗ 51115		ZBC=2.25 63 IBC=2580 -155 Hbc=64 град

Параметры срабатывания третьей степени ДЗ принимаем:

Угол максимальной чувствительности:  $\varphi_{\text{мчФФ}} = 63^0$ ;

Реактивное сопротивление прямой последовательности:  $X_{\text{уст}} = 5,0$  Ом первичных (3,64 Ом вторичных);

Активное сопротивление прямой последовательности:  $R_{\text{уст}} = 2,8$  Ом первичных (2,04 Ом вторичных);

Время оперативного ускорения 0,5 сек;

Время автоматического ускорения 0,1 сек

.

### Выбор параметров срабатывания 4 степени ДЗ

Сопротивление срабатывания 4 степени ДЗ ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино выбираем по согласованию с 1 степенью ДЗ на стороне 500 кВ АТ-4(5) ПС 750 кВ Белый Раст в максимальном режиме работы электрической сети (отключены ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I, II цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая).

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 1 СТУПЕНЬЮ XU=170.0 RY=80.0 T=1.20 ФМЧ 85 Ф2 -15 Ф3 115 защита 1001 ШЭ2607 (4 51118- 51140)- ЭЛ:АТ-4 (500/ 110/10) ПС "Б .РАСТ" ПС:БЕЛЫЙ РАСТ 500	XU RY ФМЧ Ф2 Ф3	22.9 14.4 63 -15 115	0.85	ВИД-КЗ АВС УЗ-КЗ_Х 51118 Защ Б работает Зкз<Зсз - расчет уст-ки по Кт=1.892 Зр=30.88 63	ЭЛ 102 103	ZAB=15.51 86 ZAB (Б) =0.000 0

Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ

Лист

39

Сопротивление срабатывания 4 ступени ДЗ ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино выбираем по согласованию с 2 ступенью ДЗ ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая со стороны ПС 750 кВ Белый Раст при каскадном отключении повреждения в максимальном режиме работы электрической сети (размыкание 1-2 сек. 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст).

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 2 СТУПЕНЬЮ XU=8.15 RY=4.50 T=1.30 ФМЧ 65 Ф2 -15 Ф3 115 защита 1021 ШЭ2607 (1 51115- 60005) ЭЛ:ВЛ-110 ИКШ А-Б.РАСТ_1 ПС:Б.РАСТ 110 1С	XU RY ФМЧ Ф2 Ф3	31.4 19.8 63 -15 115	0.85	ВИД-КЗ ABC 1 23115-60005 УЗК=К УЗ-КЗ_R К Защ Б работает Зкз<Зсз - расчет уст-ки по Кт=4.966 Zp=42.43 63	ОТКЛ 0 51115- 511С5 ОТКЛ 0 51125- 511В5	ZAB=16.47 57 ZAB (Б)=2.87 66

Сопротивление срабатывания 4 ступени ДЗ ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино выбираем по согласованию с 2 ступенью ДЗ ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст II цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая со стороны ПС 750 кВ Белый Раст в максимальном режиме работы электрической сети (размыкание II-III СШ 110 кВ ПС 110 кВ Яхрома, отключены ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая, Т-1 ПС 110 кВ Икша I).

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 2 СТУПЕНЬЮ XU=8.15 RY=4.50 T=1.30 ФМЧ 65 Ф2 -15 Ф3 115 защита 1031 ШЭ2607 (2 51125- 600A5) ЭЛ:ВЛ-110 ИКШ А-Б.РАСТ_2 ПС:Б.РАСТ 110 2С	XU RY ФМЧ Ф2 Ф3	79.7 50.2 63 -15 115	0.85	ВИД-КЗ ABC УЗ-КЗ_X 23125 Защ Б работает Зкз<Зсз - расчет уст-ки по Кт=13.020 Zp=107.59 63	ОТКЛ 0 12715- 12725 ЭЛ 2065 ЭЛ 102	ZCA=38.93 53 ZCA (Б)=2.82 66

Сопротивление срабатывания 4 ступени ДЗ ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино выбираем по согласованию с 2 ступенью ДЗ ВЛ 110 кВ Луговая

Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ

Лист

40

– Белый Раст с отпайкой на ПС 110 кВ Аксаково со стороны ПС 750 кВ Белый Раст в максимальном режиме работы электрической сети (отключены ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I, II цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая).

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 2 СТУПЕНЬЮ ХУ=7.25 РУ=4.00 Т=0.90 ФМЧ 65 Ф2 -15 Ф3 115 защита 1081 ШЭ2607 (51115-66405) ЭЛ:ВЛ-110 ЛУГ ОВАЯ-Б.РАСТ С ОТП. ПС:Б.РАСТ 110 1С	ХУ РУ ФМЧ Ф2 Ф3	43.5 27.4 63 -15 115	0.85	ВИД-КЗ АВС УЗ-КЗ_Х 32515 Защ Б работает Зкз<Зсз - расчет уст-ки по Кт=7.849 Зр=58.67 63	ЭЛ 102 103	ZCA=53.99 46 ZCA(Б)=6.60 64

Сопротивление срабатывания 4 ступени ДЗ ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино выбираем по согласованию с 2 ступенью ДЗ ВЛ 110 кВ Шереметьево – Белый Раст со стороны ПС 750 кВ Белый Раст в максимальном режиме работы электрической сети (отключены ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I, II цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая, КВЛ 110 кВ Хлебниково – Луговая I цепь).

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 2 СТУПЕНЬЮ ХУ=12.2 РУ=6.75 Т=1.40 ФМЧ 65 Ф2 -15 Ф3 115 защита 1071 ШЭ2607 (51125-42915) ЭЛ:ВЛ-110 ШЕР ЕМЕТЬЕВО-Б.РА СТ ПС:Б.РАСТ 110 2С	ХУ РУ ФМЧ Ф2 Ф3	65.6 41.3 63 -15 115	0.85	ВИД-КЗ АВС УЗ-КЗ_Х 42915 Защ Б работает Зкз<Зсз - расчет уст-ки по Кт=7.130 Зр=88.55 63	ЭЛ 102 103 ЭЛ 2864	ZAB=67.85 48 ZAB(Б)=9.21 64

Сопротивление срабатывания 4 ступени ДЗ ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино выбираем по согласованию с 2 ступенью ДЗ ВЛ 110 кВ Солнечногорск – Белый Раст I(II) цепь со стороны ПС 750 кВ Белый Раст в максимальном режиме работы электрической сети (отключены ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I, II цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая, КВЛ 110 кВ Хлебниково – Луговая I цепь).

Взам. инв. №							
	Подп. и дата						
Инв. № подл.							
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ	Лист
							41



ступени ДЗ ВЛ 110 кВ Солнечногорск – Белый Раст I(II) цепь со стороны ПС 750 кВ Белый Раст;

5)  $t_{сз} = t_{сз,смеж} + \Delta t = 1,2 + 0,4 = 1,6$  сек – согласование с временем срабатывания 1 ступени ДЗ на стороне 500 кВ АТ-3(4) ПС 750 кВ Белый Раст.

Параметры срабатывания четвертой ступени ДЗ принимаем:

Угол максимальной чувствительности:  $\varphi_{мчФФ} = 63^0$ ;

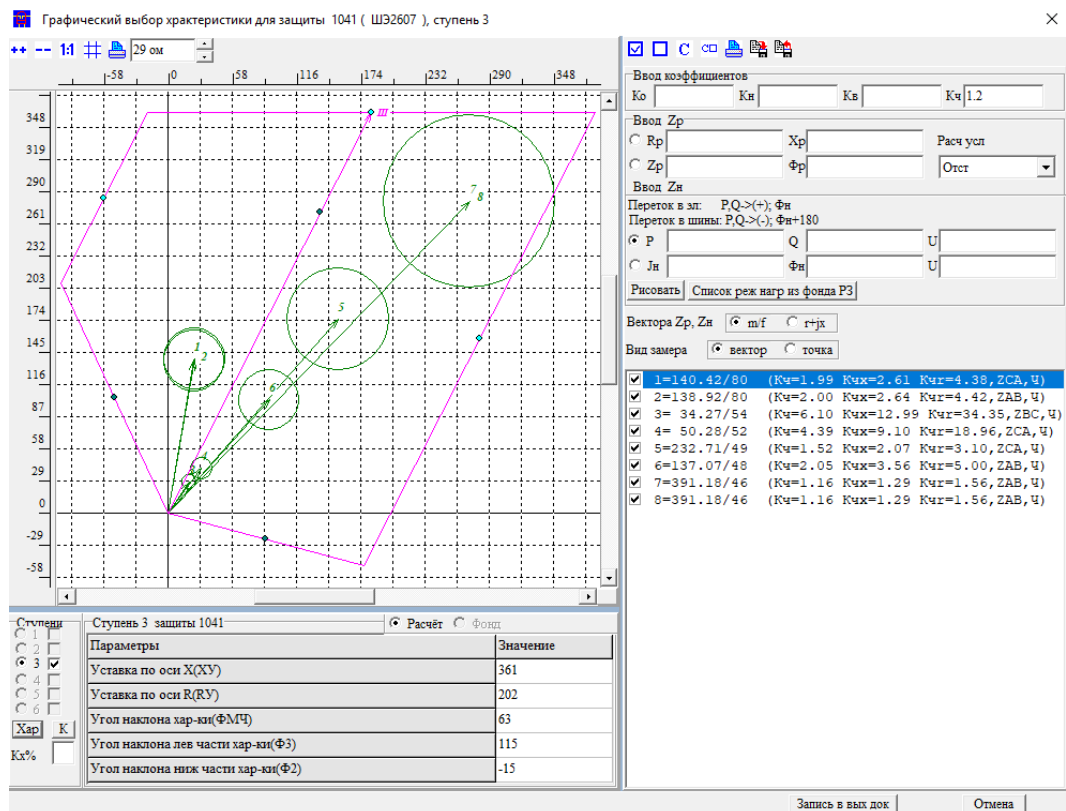
Реактивное сопротивление прямой последовательности:  $X_{уст} = 22,9$  Ом первичных (16,65 Ом вторичных);

Активное сопротивление прямой последовательности:  $R_{уст} = 12,85$  Ом первичных (9,34 Ом вторичных);

Время срабатывания ступени:  $t_{ср} = 1,8$  сек.

### Выбор параметров срабатывания 5 ступени ДЗ

Сопротивление срабатывания 5 ступени ДЗ ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино выбирается по условию обеспечения дальнего резервирования защит смежных элементов в каскадном режиме:



Графический расчет показал, что дальнейшее резервирование всех смежных элементов (вектор Z1 – замер сопротивления при КЗ на стороне 500 кВ АТ-4 ПС 750 кВ Белый Раст в

каскадном режиме, вектор Z2 – замер сопротивления при КЗ на стороне 500 кВ АТ-5 ПС 750 кВ Белый Раст в каскадном режиме, вектор Z3 – замер сопротивления при КЗ на ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая у шин 110 кВ ПС 110 кВ Икша I в каскадном режиме, вектор Z4 – замер сопротивления при КЗ на ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст II цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая у шин 110 кВ ПС 110 кВ Икша I в каскадном режиме, вектор Z5 – замер сопротивления при КЗ на ВЛ 110 кВ Шереметьево – Белый Раст у шин 110 кВ ПС 110 кВ Шереметьево в каскадном режиме, вектор Z6 – замер сопротивления при КЗ на ВЛ 110 кВ Луговая – Белый Раст с отпайкой на ПС 110 кВ Аксаково у шин 110 кВ ПС 110 кВ Луговая в каскадном режиме; вектор Z7 – замер сопротивления при КЗ на ВЛ 110 кВ Солнечногорск – Белый Раст I цепь у шин 110 кВ ПС 110 кВ Солнечногорск в каскадном режиме, вектор Z8 – замер сопротивления при КЗ на ВЛ 110 кВ Солнечногорск – Белый Раст II цепь у шин 110 кВ ПС 110 кВ Солнечногорск в каскадном режиме) обеспечивается при уставках:  $\varphi_{мчф} = 63^0$ ,  $X_{уст} = 361,0 \text{ Ом}$ ,  $R_{уст} = 202,0 \text{ Ом}$ .

Обеспечение дальнего резервирования при трехфазном КЗ на стороне 500 кВ АТ-4 ПС 750 кВ Белый Раст «в каскаде»:

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ЧУВСТВИНОСТЬ	XU	361.0	2.61	ВИД-КЗ ABC 4 51118-51140 КЧзр= УЗК=К		ZCA=140.42 80 ICA=678 73 Hca=79 град
	RV	202.0	4.38			
	ФМЧ	63	КЧзр=			
	Ф2	-15	1.99			
	Ф3	115				
	XBT	262.5				
	RBT	146.9				
	УТР	0.10	8.47			

Чувствительность выше нормативной ( $k_q > 1,2$ ).

Обеспечение дальнего резервирования при трехфазном КЗ на стороне 500 кВ АТ-5 ПС 750 кВ Белый Раст «в каскаде»:

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ЧУВСТВИНОСТЬ	XU	361.0	2.64	ВИД-КЗ ABC 5 51118-51150 КЧзр= УЗК=К		ZAB=138.92 80 IAB=683 -47 Hab=80 град
	RV	202.0	4.42			
	ФМЧ	63	КЧзр=			
	Ф2	-15	2.00			
	Ф3	115				
	XBT	262.5				
	RBT	146.9				
	УТР	0.10	8.54			

Чувствительность выше нормативной ( $k_q > 1,2$ ).

Обеспечение дальнего резервирования при трехфазном КЗ на ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая у шин 110 кВ ПС 110 кВ Икша I «в каскаде»:

Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ

Лист

44

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ЧУВСТВИНОСТЬ	XU	361.0	12.99	ВИД-КЗ ABC		ZBC=34.27 54
	RY	202.0	34.35	1 23115-60005		IBC=2279 -149
	ФМЧ	63	KЧзр=	УЗК=К		Hbc=55 град
	Ф2	-15	6.10			
	Ф3	115				
	XBT	262.5				
	RBT	146.9				
	УТР	0.10	28.49			

Чувствительность выше нормативной ( $k_q > 1,2$ ).

Обеспечение дальнего резервирования при трехфазном КЗ на ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст II цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая у шин 110 кВ ПС 110 кВ Икша I «в каскаде»:

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ЧУВСТВИНОСТЬ	XU	361.0	9.10	ВИД-КЗ ABC		ZAB=50.28 52
	RY	202.0	18.96	2 23125-600A5		IAB=1474 -28
	ФМЧ	63	KЧзр=	УЗК=К		Hab=53 град
	Ф2	-15	4.39			
	Ф3	115				
	XBT	262.5				
	RBT	146.9				
	УТР	0.10	18.43			

Чувствительность выше нормативной ( $k_q > 1,2$ ).

Обеспечение дальнего резервирования при трехфазном КЗ на ВЛ 110 кВ Шереметьево – Белый Раст у шин 110 кВ ПС 110 кВ Шереметьево «в каскаде»:

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ЧУВСТВИНОСТЬ	XU	361.0	2.07	ВИД-КЗ ABC		ZAB=232.71 49
	RY	202.0	3.10	42915-51125 УЗК=К		IAB=452 -22
	ФМЧ	63	KЧзр=			Hab=49 град
	Ф2	-15	1.52			
	Ф3	115				
	XBT	262.5				
	RBT	146.9				
	УТР	0.10	5.65			

Чувствительность выше нормативной ( $k_q > 1,2$ ).

Обеспечение дальнего резервирования при трехфазном КЗ на ВЛ 110 кВ Луговая – Белый Раст с отпайкой на ПС 110 кВ Аксаково у шин 110 кВ ПС 110 кВ Луговая «в каскаде»:

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ЧУВСТВИНОСТЬ	XU	361.0	3.56	ВИД-КЗ ABC		ZAB=137.07 48
	RY	202.0	5.00	32515-66405 УЗК=К		IAB=696 -22
	ФМЧ	63	KЧзр=			Hab=48 град
	Ф2	-15	2.05			
	Ф3	115				
	XBT	262.5				
	RBT	146.9				
	УТР	0.10	8.70			

Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ

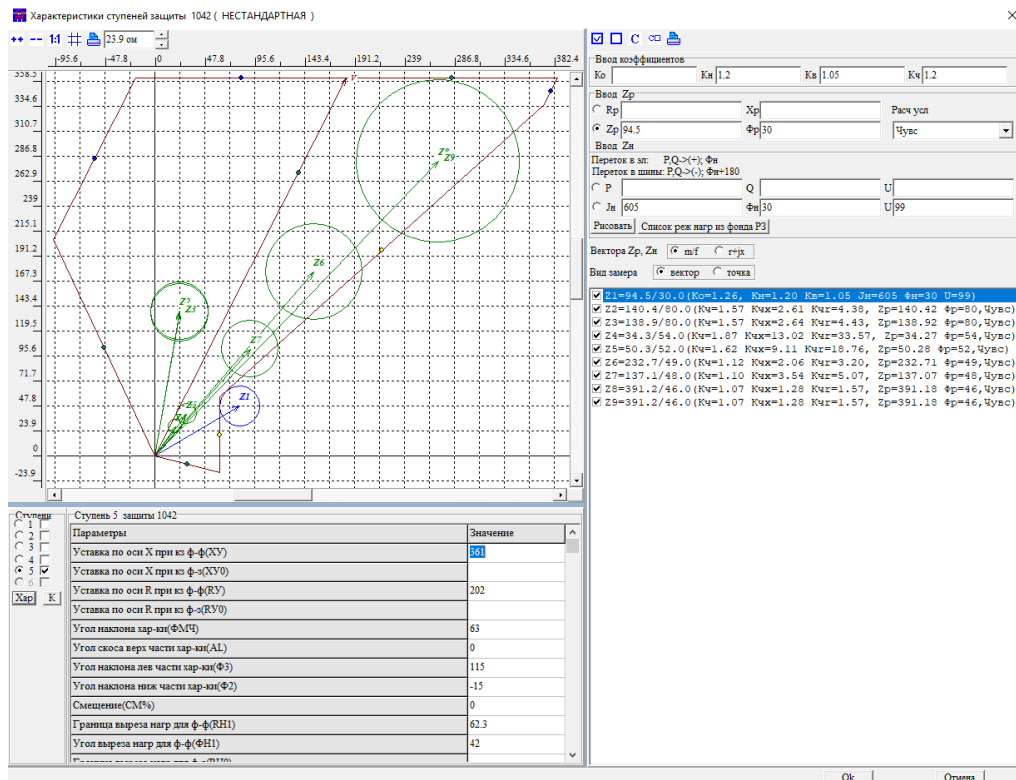
Лист

45





Отстройка характеристики срабатывания ДЗ от сопротивления в максимальном нагрузочном режиме с учетом обеспечения чувствительности к КЗ в зоне дальнего резервирования производится графическим методом.



Из рисунка видно, что требуется вырез от нагрузки:  $R_{\text{нагр}} = 62,3$  Ом первичных (45,3 Ом вторичных),  $\varphi_{\text{нагр}} = 42^\circ$ .

**Выбор параметров срабатывания ДЗ ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 750 кВ Белый Раст**

В данном разделе выполнен ориентировочный расчет параметров срабатывания дистанционной защиты (далее – ДЗ) реализованной в существующем МП терминале 7SA522 ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 750 кВ Белый Раст.

Выбор параметров срабатывания ДЗ выполнен в соответствии с Руководящими указаниями по релейной защите выпуск 7 «Дистанционная защита линий 35 – 330 кВ», также с учетом Рекомендаций по выбору параметров и уставок терминала 7SA522. В расчетах принято:

коэффициент отстройки и коэффициент согласования – 0,85; согласование защит производится в точке КЗ, соответствующей сопротивлению на грани срабатывания защиты предыдущего элемента с учетом ее 10% погрешности.

В терминале 7SA522 ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 750 кВ Белый Раст задействованы 5 ступеней дистанционной защиты, последняя из которых используется для оперативного и автоматического ускорений.

Для многоугольных характеристик срабатывания принято: угол задания направленности во 2-м квадранте  $115^\circ$ , угол в 4-м квадранте  $15^\circ$ . Угол максимальной чувствительности ступеней ДЗ принимается равным углу сопротивления ВЛ:  $\varphi_{мч} = \arctg\left(\frac{X_1}{R_1}\right) = \arctg\left(\frac{2,0}{1,04}\right) \approx 63^\circ$ .

Для уменьшения объема пояснительной записки при расчете представлены только определяющие расчетные условия, при определяющем виде КЗ.

### Выбор параметров срабатывания 1 ступени ДЗ

Отстройка сопротивления срабатывания 1 ступени ДЗ ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 750 кВ Белый Раст от замера сопротивления при КЗ на ПС 110 кВ Ермолино.

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ОТСТРОЙКА	XU	1.66	0.85	ВИД-КЗ ABC УЗЕЛ-КЗ 89315		ZCA=2.25 63
	RY	1.05				
	ФМЧ	63				
	Ф2	-15				
	Ф3	115				
	Ф4	0				

### Уставки срабатывания первой ступени ДЗ принимаем:

Угол максимальной чувствительности:  $\varphi_{мчФФ} = 63^\circ$ ;

Полное сопротивление прямой последовательности:  $Z_{уст} = 1,86$  Ом первичных (1,69 Ом вторичных);

Реактивное сопротивление прямой последовательности:  $X_{уст} = 1,66$  Ом первичных (1,51 Ом вторичных);

Активное сопротивление прямой последовательности:  $R_{уст} = 0,93$  Ом первичных (0,85 Ом вторичных);

Время срабатывания ступени:  $t_{ср} = 0$  сек.

Взам. инв. №		Подп. и дата		Инв. № подл.		Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ	Лист
			48										

### Выбор параметров срабатывания 2 ступени ДЗ

Сопротивление срабатывания 2 ступени ДЗ ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 750 кВ Белый Раст выбираем по согласованию с 1 ступенью ДЗ ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино.

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 1 СТУПЕНЬЮ ХУ=1.54 РУ=1.40 Т=0.10 ФМЧ 61 Ф2 -15 Ф3 115 защита 29991 ШЭ2607 (89325-893А5) ЭЛ:ВЛ-110 ИКШ А-I-ЕРМОЛИНО ПС:ЕРМОЛИНО 1 10 2СШ	ХУ РУ ФМЧ Ф2 Ф3	2.81 1.77 63 -15 115	0.85	ВИД-КЗ АВС ВБЕР 2999/89325 23115-893А5,0.738 (Lотн_лин=0.746)		ZCA=3.86 61 ZBC (Б)=1.61 60

Предварительно принимаем:  $\varphi_{мчФФ} = 63^0$ ,  $X_{уст} = 2,8 \text{ Ом}$ ,  $R_{уст} = 1,57 \text{ Ом}$ .

Проверка чувствительности ступени при КЗ в конце защищаемой ЛЭП.

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ЧУВСТВИНОСТЬ	ХУ РУ ФМЧ Ф2 Ф3 ХВТ РВТ JTP	2.80 1.57 63 -15 115 2.55 1.41 0.10	1.40 73.83 KЧЗР= 1.35  232	ВИД-КЗ АВС УЗЕЛ-КЗ 89315		ZCA=2.25 63 ICA=23209 77 Hca=65 град

Чувствительность выше нормативной ( $k_q > 1,3$ ).

Время срабатывания выбираем по согласованию с временем действия первой ступени ДЗ ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино, с учетом времени срабатывания УРОВ на ПС 110 кВ Ермолино:

$$t_{сз} = t_{сз,смеж} + t_{УРОВ} + \Delta t = 0 + 0,3 + 0,4 = 0,7 \text{ сек}$$

Уставки срабатывания второй ступени ДЗ принимаем:

Угол максимальной чувствительности:  $\varphi_{мчФФ} = 63^0$ ;

Полное сопротивление прямой последовательности:  $Z_{уст} = 3,14 \text{ Ом}$  первичных (2,85 Ом вторичных);

Реактивное сопротивление прямой последовательности:  $X_{уст} = 2,8 \text{ Ом}$  первичных (2,55 Ом вторичных);

Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ

Лист

49

Активное сопротивление прямой последовательности:  $R_{уст} = 1,57 \text{ Ом}$  первичных (1,43 Ом вторичных);

Время срабатывания ступени:  $t_{ср} = 0,7 \text{ сек.}$

### Выбор параметров срабатывания 3 ступени ДЗ

Сопротивление срабатывания 3 ступени ДЗ ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 750 кВ Белый Раст выбираем по согласованию с 2 ступенью ДЗ ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино.

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 2 СТУПЕНЬЮ ХУ=3.20 РУ=1.83 Т=1.00 ФМЧ 61 Ф2 -15 Ф3 115 защита 29991 ШЭ2607 (89325-893А5) ЭЛ:ВЛ-110 ИКШ А-I-ЕРМОЛИНО ПС:ЕРМОЛИНО 1 10 2СШ	ХУ РУ ФМЧ Ф2 Ф3	4.11 2.59 63 -15 115	0.85	ВИД-КЗ АВС УЗ-КЗ Х 23115 Защ Б работает Зкз<Зсз - расчет уст-ки по Кт=1.000 Zp=5.55 63		ZAB=4.39 62 ZAB(Б)=2.14 61

Предварительно принимаем:  $\varphi_{мчФФ} = 63^0$ ,  $X_{уст} = 4,1 \text{ Ом}$ ,  $R_{уст} = 2,3 \text{ Ом}$ .

Проверка чувствительности ступени при КЗ в конце защищаемой ЛЭП.

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ЧУВСТВИНОСТЬ	ХУ РУ ФМЧ Ф2 Ф3 ХВТ РВТ JTP	4.10 2.30 63 -15 115 3.73 2.09 0.10	2.05 110 КЧзр= 1.90 232	ВИД-КЗ АВС УЗЕЛ-КЗ 89315		ZAB=2.25 63 IAB=23209 -43 Hab=65 град

Чувствительность выше нормативной ( $k_{ч} > 1,5$ ).

Время срабатывания выбираем по согласованию с временем действия 2 ступени ДЗ ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино:

$$t_{сз} = t_{сз,смеж} + \Delta t = 1,0 + 0,4 = 1,4 \text{ сек}$$

Уставки срабатывания третьей ступени ДЗ принимаем:

Угол максимальной чувствительности:  $\varphi_{мчФФ} = 63^0$ ;

Полное сопротивление прямой последовательности:  $Z_{уст} = 4,6 \text{ Ом}$  первичных (4,18 Ом

Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ

Лист

50

вторичных);

Реактивное сопротивление прямой последовательности:  $X_{уст} = 4,1$  Ом первичных (3,73 Ом вторичных);

Активное сопротивление прямой последовательности:  $R_{уст} = 2,3$  Ом первичных (2,09 Ом вторичных);

Время срабатывания ступени:  $t_{ср} = 1,4$  сек.

### Выбор параметров срабатывания 4 ступени ДЗ

Сопротивление срабатывания 4 ступени ДЗ ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 750 кВ Белый Раст выбираем по согласованию с 4 ступенью ДЗ ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино.

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 4 СТУПЕНЬЮ XУ=9.10 RУ=5.20 T=2.40 ФМЧ 61 Ф2 -15 Ф3 115 защита 29991 ШЭ2607 (89325-893A5) ЭЛ:ВЛ-110 ИКШ А-I-ЕРМОЛИНО ПС:ЕРМОЛИНО 1 10 2СШ	XУ RУ ФМЧ Ф2 Ф3	8.61 5.42 63 -15 115	0.85	ВИД-КЗ ABC УЗ-КЗ_X 23115 Защ Б работает Зкз<Зсз - расчет уст-ки по Кт=1.000 Zp=11.62 63		ZCA=4.39 62 ZCA(B)=2.14 61

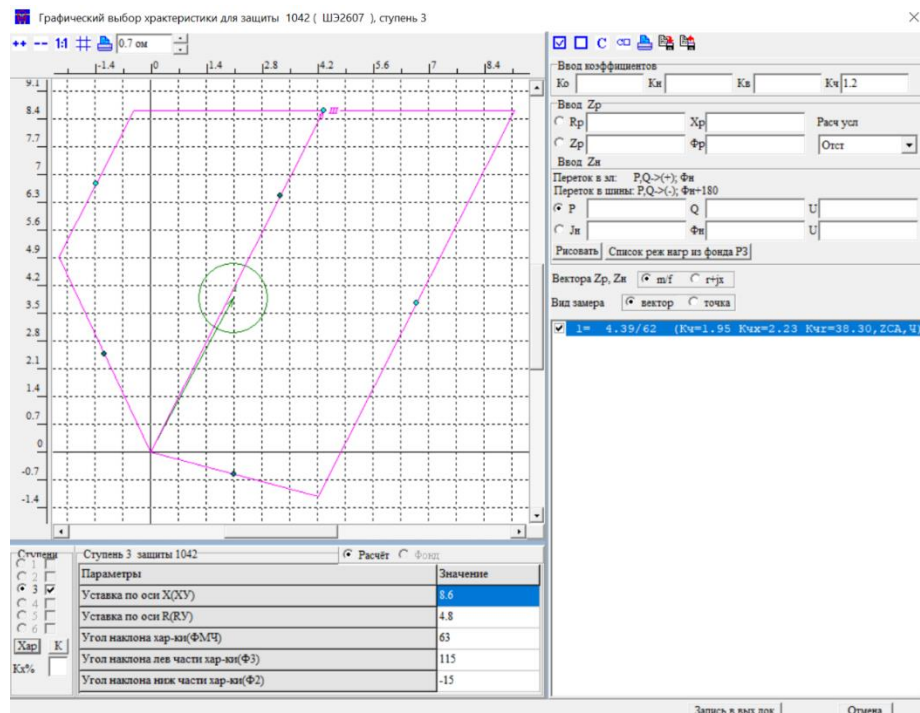
Отстройка сопротивления срабатывания ступени ДЗ ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 750 кВ Белый Раст от замера сопротивления при трехфазном КЗ на стороне НН Т-1(2) ПС 110 кВ Ермолино в расчетном режиме работы электрической сети (отключена ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино, положение РПН Т-1(2) на ПС 110 кВ Ермолино, при котором сопротивление трансформатора минимально,  $k_{пер} = 1,0$ ).

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ОТСТРОЙКА	XУ RУ ФМЧ Ф2 Ф3 Ф4	25.0 15.7 63 -15 115 0	0.85	ВИД-КЗ ABC УЗЕЛ-КЗ 89312	ЭЛ 2999 ИЗМ 1 89315- 89312 R1=1.263 X1=27.43 R0=1.263 X0=27.43	ZCA=29.52 86

Предварительно принимаем:  $\varphi_{мчФФ} = 63^0$ ,  $X_{уст} = 8,6$  Ом,  $R_{уст} = 4,8$  Ом.

Сопротивление срабатывания 4 ступени ДЗ ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со

стороны ПС 750 кВ Белый Раст выбирается по условию обеспечения дальнего резервирования защит смежных элементов в каскадном режиме:



Графический расчет показал, что дальнейшее резервирование всех смежных элементов (вектор Z1 – замер сопротивления при КЗ на ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино у шин 110 кВ ПС 110 кВ Икша I в каскадном режиме) обеспечивается при принятых уставках.

Обеспечение дальнего резервирования при трехфазном КЗ на ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино у шин 110 кВ ПС 110 кВ Икша I «в каскаде»:

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ЧУВСТВИНОСТЬ	XU	8.60	2.23	ВИД-КЗ ABC		ZCA=4.39 62
	RY	4.80	38.30	23115-893A5 УЗК=K		ICA=19692 83
	ФМЧ	63	KЧзр=			Нса=62 град
	Ф2	-15	1.95			
	Ф3	115				
	ХВТ	7.82				
	РВТ	4.36				
	УТР	0.10	197			

Чувствительность выше нормативной ( $k_{\alpha} > 1,2$ ).

Время срабатывания выбираем по согласованию с временем действия 4 ступени ДЗ ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино:

$$t_{сз} = t_{сз, смеж} + \Delta t = 2,4 + 0,4 = 2,8 \text{ сек}$$

Уставки срабатывания четвертой ступени ДЗ принимаем:

Угол максимальной чувствительности:  $\varphi_{мч\Phi\Phi} = 63^{\circ}$ ;

Полное сопротивление прямой последовательности:  $Z_{уст} = 9,65 \text{ Ом}$  первичных (8,77 Ом

вторичных);

Реактивное сопротивление прямой последовательности:  $X_{уст} = 8,6 \text{ Ом}$  первичных (7,82 Ом вторичных);

Активное сопротивление прямой последовательности:  $R_{уст} = 4,8 \text{ Ом}$  первичных (4,36 Ом вторичных);

Время срабатывания ступени:  $t_{ср} = 2,8 \text{ сек.}$

### Выбор параметров срабатывания 5 ступени ДЗ

Ступень используется для автоматического и оперативного ускорений. Уставка по сопротивлению выбирается по обеспечению чувствительности при КЗ в конце защищаемой линии.

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ЧУВСТВИНОСТЬ	XУ	5.00	2.50	ВИД-КЗ АВС		ZAB=2.25 63
	РУ	2.80	133	УЗЕЛ-КЗ 89315		IAB=23209 -43
	ФМЧ	63	KЧзр=			Nab=65 град
	Ф2	-15	2.10			
	Ф3	115				
	XBT	4.55				
	РBT	2.55				
	УТР	0.10	232			

Параметры срабатывания пятой ступени ДЗ принимаем:

Угол максимальной чувствительности:  $\varphi_{мчФФ} = 63^0$ ;

Полное сопротивление прямой последовательности:  $Z_{уст} = 5,6 \text{ Ом}$  первичных (5,09 Ом вторичных);

Реактивное сопротивление прямой последовательности:  $X_{уст} = 5,0 \text{ Ом}$  первичных (4,54 Ом вторичных);

Активное сопротивление прямой последовательности:  $R_{уст} = 2,8 \text{ Ом}$  первичных (2,54 Ом вторичных);

Время оперативного ускорения 0,5 сек;

Время автоматического ускорения 0,1 сек.

**Отстройка характеристики срабатывания ДЗ от сопротивления в максимальном нагрузочном режиме**

Параметры максимального нагрузочного режима приняты следующими:  $I_{нагр,макс} = 605 \text{ А}$  – максимальный нагрузочный ток;  $\varphi_{нагр,макс} = 30^0$ ;  $U_{нагр,мин} = 0,9 \cdot U_{ном} = 0,9 \cdot 110 = 99 \text{ кВ.}$

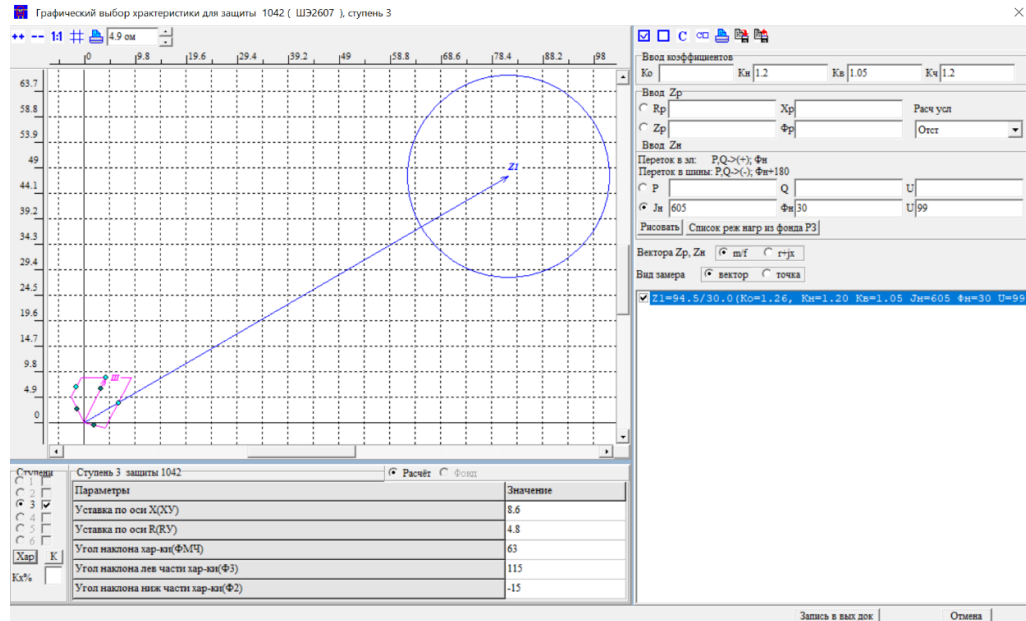
Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ

Лист

53



Отстройка характеристики срабатывания ДЗ от сопротивления в максимальном нагрузочном режиме производится графическим методом.



Из рисунка видно, что вырез от нагрузки не требуется.

### 3.2.2 Расчет параметров дистанционной защиты ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино

#### Выбор параметров срабатывания ДЗ ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино

В данном разделе выполнен ориентировочный расчет параметров срабатывания дистанционной защиты (далее – ДЗ) реализованной во вновь вводимом МП терминале ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино.

Для многоугольных характеристик срабатывания принято: угол задания направленности во 2-м квадранте 115°, угол в 4-м квадранте 15°. Угол максимальной чувствительности ступеней ДЗ принимается равным углу сопротивления ВЛ:  $\varphi_{мч} = \arctg\left(\frac{X_1}{R_1}\right) = \arctg\left(\frac{1,86}{1,052}\right) \approx 61^\circ$ .

Для уменьшения объема пояснительной записки при расчете представлены только определяющие расчетные условия, при определяющем виде КЗ.

#### **Выбор параметров срабатывания 1 ступени ДЗ**

Отстройка сопротивления срабатывания 1 ступени ДЗ ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино от замера сопротивления при КЗ на I СШ 110 кВ ПС 110 кВ Икша I.

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ОТСТРОЙКА	XU RV ФМЧ Ф2 Ф3 Ф4	1.54 1.01 61 -15 115 0	0.85	ВИД-КЗ АВС УЗЕЛ-КЗ 23115		ZCA=2.14 61

Уставки срабатывания первой ступени ДЗ принимаем:

Угол максимальной чувствительности:  $\varphi_{\text{мчФФ}} = 61^0$ ;

Реактивное сопротивление прямой последовательности:  $X_{\text{уст}} = 1,54$  Ом первичных (1,12 Ом вторичных);

Активное сопротивление прямой последовательности:  $R_{\text{уст}} = 0,88$  Ом первичных (0,64 Ом вторичных);

Время срабатывания ступени:  $t_{\text{ср}} = 0$  сек.

### Выбор параметров срабатывания 2 ступени ДЗ

Сопротивление срабатывания 2 ступени ДЗ ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино выбираем по согласованию с 1 ступенью ДЗ ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая со стороны ПС 110 кВ Икша I при каскадном отключении повреждения в максимальном режиме работы электрической сети (отключены ВЛ 110 кВ Икша I – Комсомольская, Т-1 ПС 110 кВ Икша I).

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 1 СТУПЕНЬЮ 2.40 Т=0.10 ФМЧ 65 защита 1022 ЭПЗ-1636 (1 23115- 60005) ЭЛ:ВЛ-110 ИКШ А-Б.РАСТ_1 ПС:ИКША-I 110 1СШ	XU RV ФМЧ Ф2 Ф3	3.19 2.09 61 -15 115	0.85	ВИД-КЗ АВС ВБЕР 102/23115 1 51115-60005,0.294 (Лотн_лин=0.754)	ОТКЛ 1 *51115-60005 ЭЛ 109 2065	ZCA=4.29 63 ZAB (Б)=2.16 66

Сопротивление срабатывания 2 ступени ДЗ ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино выбираем по согласованию с 1 ступенью ДЗ ВЛ 110 кВ Икша I – Комсомольская со стороны ПС 110 кВ Икша I в максимальном режиме работы электрической сети (отключены ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая, Т-1 ПС 110 кВ Икша I).

Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ

Лист

55

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 1 СТУПЕНЬЮ 4.50 T=0.10 ФМЧ 65 защита 1091 ЭПЗ-1636 (23115-23025) ЭЛ:ВЛ-110 ИКШ А I-КОМСОМОЛЬ СКАЯ ПС:ИКША-I 110 1СШ	XU RV ФМЧ Ф2 Ф3	4.55 2.97 61 -15 115	0.85	ВИД-КЗ ABC ВБЕР 109/23115 23025-23115,0.254 (Лотн_лин=0.746)	ЭЛ 102 2065	ZCA=6.19 62 ZAB(B)=4.05 63

Предварительно принимаем минимальную уставку из рассчитанных:  $\varphi_{\text{мчФФ}} = 61^{\circ}$ ,  
 $X_{\text{уст}} = 3,2 \text{ Ом}$ ,  $R_{\text{уст}} = 1,83 \text{ Ом}$ .

Проверка чувствительности ступени при КЗ в конце защищаемой ЛЭП.

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ЧУВСТВИНОСТЬ	XU RV ФМЧ Ф2 Ф3 ХВТ РВТ УТР	3.20 1.83 61 -15 115 2.33 1.27 0.10	1.72 83.22 КЧЗр= 1.63  148	ВИД-КЗ ABC УЗЕЛ-КЗ 23115		ZCA=2.14 61 ICA=11836 79 Hca=65 град

Чувствительность выше нормативной ( $k_q > 1,5$ ).

Время срабатывания выбираем по согласованию с временем действия первых ступеней  
ДЗ ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая и ДЗ ВЛ 110 кВ  
Икша I – Комсомольская со стороны ПС 110 кВ Икша I, с учетом времени срабатывания УРОВ  
на ПС 110 кВ Икша I:

$$t_{\text{сз}} = t_{\text{сз,смеж}} + t_{\text{УРОВ}} + \Delta t = 0,1 + 0,5 + 0,4 = 1,0 \text{ сек}$$

Уставки срабатывания второй ступени ДЗ принимаем:

Угол максимальной чувствительности:  $\varphi_{\text{мчФФ}} = 61^{\circ}$ ;

Реактивное сопротивление прямой последовательности:  $X_{\text{уст}} = 3,2 \text{ Ом}$  первичных (2,33  
Ом вторичных);

Активное сопротивление прямой последовательности:  $R_{\text{уст}} = 1,83 \text{ Ом}$  первичных (1,33  
Ом вторичных);

Время срабатывания ступени:  $t_{\text{ср}} = 1,0 \text{ сек}$ .

### Выбор параметров срабатывания 3 ступени ДЗ

Ступень используется для автоматического и оперативного ускорений. Уставка по

Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ

Лист

56

сопротивлению выбирается по обеспечению чувствительности при КЗ в конце защищаемой линии.

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ЧУВСТВИНОСТЬ	XU RY ФМЧ Ф2 Ф3 ХВТ RBT JTP	5.00 2.80 61 -15 115 3.64 2.04 0.10	2.69 133 KЧзр= 2.14    148	ВИД-КЗ АВС УЗЕЛ-КЗ 23115		ZAB=2.14 61 IAB=11836 -41 Hab=65 град

Параметры срабатывания третьей ступени ДЗ принимаем:

Угол максимальной чувствительности:  $\varphi_{мчФФ} = 61^0$ ;

Реактивное сопротивление прямой последовательности:  $X_{уст} = 5,0$  Ом первичных (3,64 Ом вторичных);

Активное сопротивление прямой последовательности:  $R_{уст} = 2,8$  Ом первичных (2,04 Ом вторичных);

Время оперативного ускорения 0,5 сек;

Время автоматического ускорения 0,1 сек.

#### Выбор параметров срабатывания 4 ступени ДЗ

Сопротивление срабатывания 4 ступени ДЗ ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино выбираем по согласованию с 2 ступенью ДЗ ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая со стороны ПС 110 кВ Икша I при каскадном отключении повреждения в максимальном режиме работы электрической сети (отключены ВЛ 110 кВ Икша I – Комсомольская, Т-1 ПС 110 кВ Икша I).

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 2 СТУПЕНЬЮ 11.7 Т=0.90 ФМЧ 65 защита 1022 ЭПЗ-1636 (1 23115- 60005) ЭЛ:ВЛ-110 ИКШ А-Б.РАСТ_1 ПС:ИКША-I 110 1СШ	XU RY ФМЧ Ф2 Ф3	9.17 6.00 61 -15 115	0.85	ВИД-КЗ АВС 1 51115-60005 УЗК=К УЗ-КЗ_Р К Защ Б работает Зкз<Зсз - расчет уст-ки по Кт=1.000 Zp=12.66 61	ЭЛ 109 2065	ZAB=5.00 64 ZAB(Б)=2.87 66

Сопротивление срабатывания 4 ступени ДЗ ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино выбираем по согласованию с 2 ступенью ДЗ ВЛ 110 кВ Икша I –

Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ

Лист

57

Комсомольская со стороны ПС 110 кВ Икша I в максимальном режиме работы электрической сети (отключены ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая, Т-1 ПС 110 кВ Икша I).

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 2 СТУПЕНЬЮ 14.0 Т=1.90 ФМЧ 65 защита 1091 ЭПЗ-1636 (23115-23025) ЭЛ:ВЛ-110 ИКШ А I-КОМСОМОЛЬ СКАЯ ПС:ИКША-I 110 1СШ	XU RY ФМЧ Ф2 Ф3	10.7 6.98 61 -15 115	0.85	ВИД-КЗ ABC УЗ-КЗ_X 23025 Защ Б работает Зкз<Зсз - расчет уст-ки по Кт=1.000 Zp=14.74 61	ЭЛ 102 2065	ZAB=7.56 62 ZAB(B)=5.43 63

Предварительно принимаем минимальную уставку из рассчитанных:  $\varphi_{мчФФ} = 61^0$ ,  
 $X_{уст} = 9,1 \text{ Ом}$ ,  $R_{уст} = 5,2 \text{ Ом}$ .

Проверка чувствительности ступени при КЗ в конце защищаемой ЛЭП.

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ЧУВСТВИНОСТЬ	XU RY ФМЧ Ф2 Ф3 ХВТ РВТ УТР	9.10 5.20 61 -15 115 6.62 3.78 0.10	4.89 247 КЧзр= 3.12 148	ВИД-КЗ ABC УЗЕЛ-КЗ 23115		ZCA=2.14 61 ICA=11836 79 Hca=65 град

Чувствительность выше нормативной ( $k_{\text{ч}} > 1,5$ ).

Расчет времени срабатывания 4 ступени ДЗ ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино:

1)  $t_{сз} = t_{сз,смеж} + \Delta t = 0,9 + 0,5 = 1,4 \text{ сек}$  – согласование с временем срабатывания 2 ступени ДЗ ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая со стороны ПС 110 кВ Икша I;

2)  $t_{сз} = t_{сз,смеж} + \Delta t = 1,9 + 0,5 = 2,4 \text{ сек}$  – согласование с временем срабатывания 2 ступени ДЗ ВЛ 110 кВ Икша I – Комсомольская со стороны ПС 110 кВ Икша I.

Параметры срабатывания четвертой ступени ДЗ принимаем:

Угол максимальной чувствительности:  $\varphi_{мчФФ} = 61^0$ ;

Реактивное сопротивление прямой последовательности:  $X_{уст} = 9,1 \text{ Ом}$  первичных (6,62 Ом вторичных);

Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ

Лист

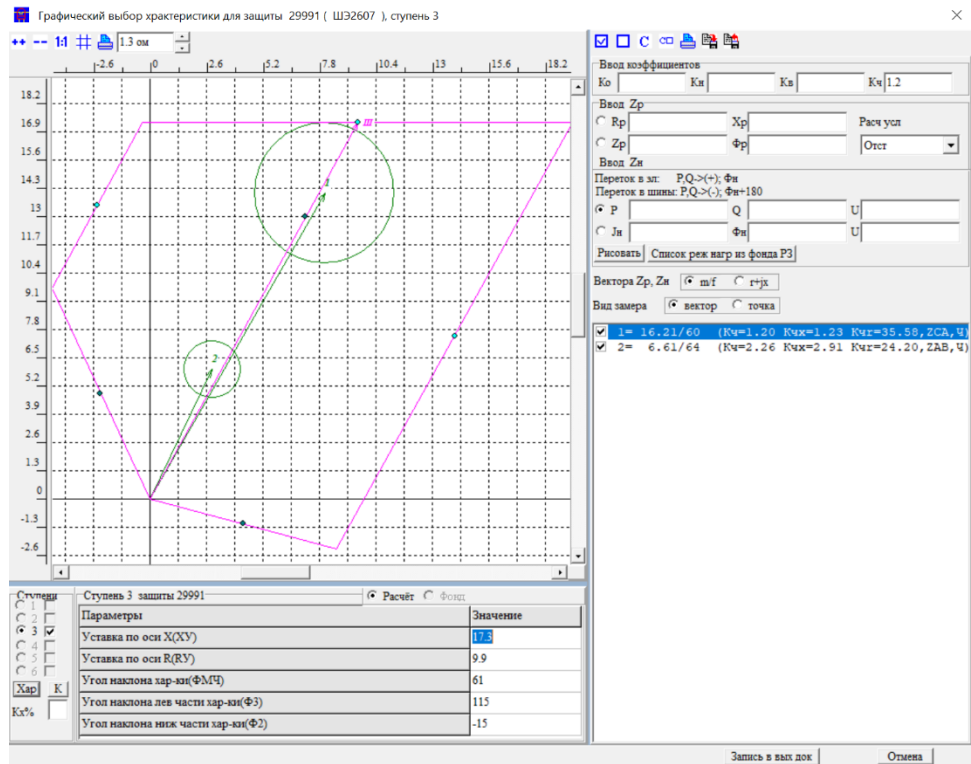
58

Активное сопротивление прямой последовательности:  $R_{уст} = 5,2 \text{ Ом}$  первичных (3,78 Ом вторичных);

Время срабатывания ступени:  $t_{ср} = 2,4 \text{ сек.}$

**Выбор параметров срабатывания 5 ступени ДЗ**

Сопротивление срабатывания 5 ступени ДЗ ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино выбирается по условию обеспечения дальнего резервирования защит смежных элементов в каскадном режиме:



Графический расчет показал, что дальнейшее резервирование всех смежных элементов (вектор Z1 – замер сопротивления при КЗ на ВЛ 110 кВ Икша I – Комсомольская у шин 110 кВ ПС 110 кВ Комсомольская в каскадном режиме, вектор Z2 – замер сопротивления при КЗ на ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая у шин 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст в каскадном режиме) обеспечивается при уставках:  $\varphi_{мчФФ} = 61^0$ ,  $X_{уст} = 17,3 \text{ Ом}$ ,  $R_{уст} = 9,9 \text{ Ом}$ .

Обеспечение дальнего резервирования при трехфазном КЗ на ВЛ 110 кВ Икша I – Комсомольская у шин 110 кВ ПС 110 кВ Комсомольская «в каскаде»:

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ЧУВСТВИНОСТЬ	XU	17.3	1.23	ВИД-КЗ ABC		ZCA=16.21 60
	RY	9.90	35.58	23025-23115 УЗК=К		ICA=5276 85
	ФМЧ	61	КЧзр=			Иса=61 град
	Ф2	-15	1.20			
	Ф3	115				
	ХВТ	12.6				
	РВТ	7.20				
	УТР	0.10	65.95			

Чувствительность выше нормативной ( $k_{\text{ч}} > 1,2$ ).

Обеспечение дальнего резервирования при трехфазном КЗ на ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая у шин 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст «в каскаде»:

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ЧУВСТВИНОСТЬ	XU	17.3	2.91	ВИД-КЗ ABC		ZAB=6.61 64
	RY	9.90	24.20	1 51115-60005		IAB=11066 -38
	ФМЧ	61	КЧзр=	УЗК=К		Nab=65 град
	Ф2	-15	2.26			
	Ф3	115				
	ХВТ	12.6				
	РВТ	7.20				
	УТР	0.10	138			

Чувствительность выше нормативной ( $k_{\text{ч}} > 1,2$ ).

Расчет времени срабатывания 5 ступени ДЗ ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино:

1)  $t_{\text{сз}} = t_{\text{сз, смеж}} + \Delta t = 1,8 + 0,5 = 2,3$  сек – согласование с временем срабатывания 3 ступени ДЗ ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая со стороны ПС 110 кВ Икша I;

2)  $t_{\text{сз}} = t_{\text{сз, смеж}} + \Delta t = 4,0 + 0,5 = 4,5$  сек – согласование с временем срабатывания 3 ступени ДЗ ВЛ 110 кВ Икша I – Комсомольская со стороны ПС 110 кВ Икша I.

Параметры срабатывания пятой ступени ДЗ принимаем:

Угол максимальной чувствительности:  $\varphi_{\text{мчФФ}} = 61^0$ ;

Реактивное сопротивление прямой последовательности:  $X_{\text{уст}} = 17,3$  Ом первичных (12,58 Ом вторичных);

Активное сопротивление прямой последовательности:  $R_{\text{уст}} = 9,9$  Ом первичных (7,2 Ом вторичных);

Время срабатывания ступени:  $t_{\text{ср}} = 4,5$  сек.

Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ

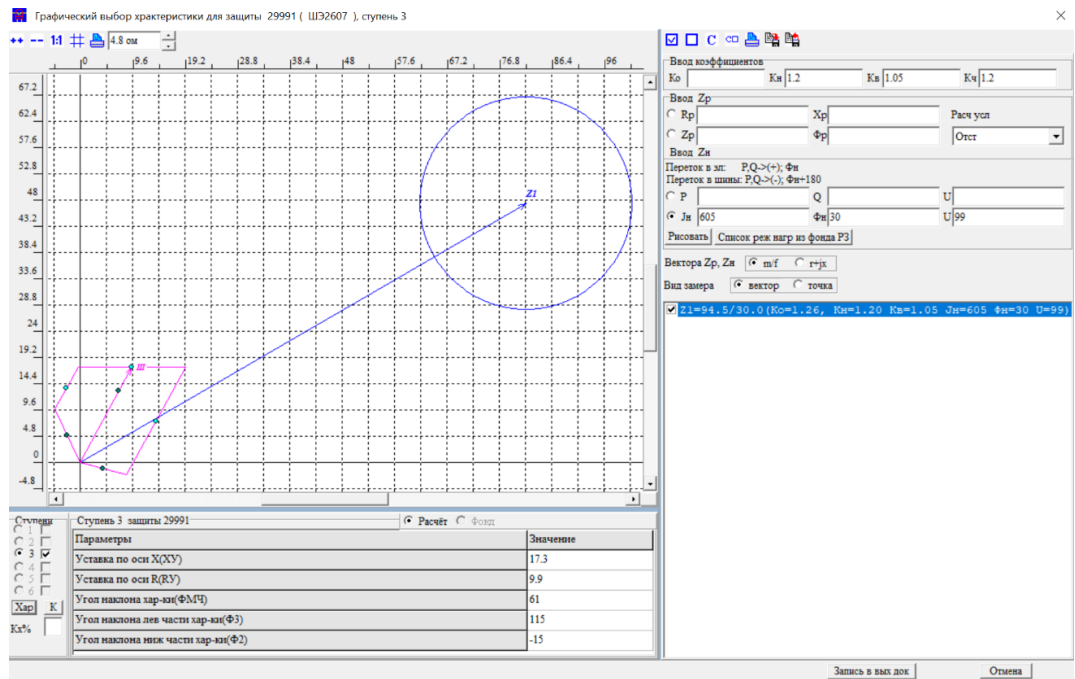
Лист

60

Отстройка характеристики срабатывания ДЗ от сопротивления в максимальном нагрузочном режиме

Параметры максимального нагрузочного режима приняты следующими:  $I_{нагр, макс} = 605 \text{ А}$  – максимальный нагрузочный ток;  $\varphi_{нагр, макс} = 30^0$ ;  $U_{нагр, мин} = 0,9 \cdot U_{ном} = 0,9 \cdot 110 = 99 \text{ кВ}$ .

Отстройка характеристики срабатывания ДЗ от сопротивления в максимальном нагрузочном режиме производится графическим методом.



Из рисунка видно, что вырез от нагрузки не требуется.

**Выбор параметров срабатывания ДЗ ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Икша I**

В данном разделе выполнен ориентировочный расчет параметров срабатывания дистанционной защиты (далее – ДЗ) ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Икша I. В качестве дистанционной защиты ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Икша I используется электромеханическая панель типа ЭПЗ-1636. Всего задействованы 3 ступени дистанционной защиты, вторая ступень ДЗ используется для оперативного и автоматического ускорений.

Выбор параметров срабатывания ДЗ выполнен в соответствии с Руководящими указаниями по релейной защите выпуск 7 «Дистанционная защита линий 35 – 330 кВ». В расчетах принято: коэффициент отстройки и коэффициент согласования – 0,85; согласование защит производится в точке КЗ, соответствующей сопротивлению на грани срабатывания

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата



защиты предыдущего элемента с учетом ее 10% погрешности. Угол максимальной чувствительности ступеней ДЗ принимается:  $\varphi_{мч} = 65^0$ .

Для уменьшения объема пояснительной записки при расчете представлены только определяющие расчетные условия, при определяющем виде КЗ.

### Выбор параметров срабатывания 1 ступени ДЗ

Отстройка сопротивления срабатывания 1 ступени ДЗ ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Икша I от замера сопротивления при КЗ на ПС 110 кВ Ермолино.

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ОТСТРОЙКА	УСТ ФМЧ	1.82 65	0.85	ВИД-КЗ АВС УЗЕЛ-КЗ 89325		ZCA=2.14 61

Уставки срабатывания первой ступени ДЗ принимаем:

Полное сопротивление ступени:  $Z_{сз} = 1,8 \text{ Ом}$ ;

Время срабатывания:  $t_{сз} = 0,1 \text{ сек.}$

### Выбор параметров срабатывания 2 ступени ДЗ

Сопротивление срабатывания 2 ступени ДЗ ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Икша I выбираем по согласованию с 1 ступенью ДЗ ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино.

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 1 СТУПЕНЬЮ ХУ=1.66 РУ=1.38 Т=0.00 ФМЧ 63 Ф2 -15 Ф3 115 Ф4 0 защита 1041 ШЭ2607 (89315-893В5) ЭЛ:ВЛ-110 Б.Р АСТ-ЕРМОЛИНО ПС:ЕРМОЛИНО 1 10 1СШ	УСТ ФМЧ	3.27 65	0.85	ВИД-КЗ АВС ВЕЕР 104/89315 51115-893В5,0.411 (Лотн_лин=0.748)		ZCA=3.83 61 ZBC (Б)=1.70 62

Предварительно принимаем:  $\varphi_{мчФФ} = 65^0$ ,  $Z_{сз} = 3,2 \text{ Ом}$ .

Ступень используется для автоматического и оперативного ускорений. Проверка чувствительности ступени при КЗ в конце защищаемой ЛЭП.

Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ

Лист

62

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ	УСТ ФМЧ ЗВТ JTP	3.20 65 0.698 3.20	1.49   18.46	ВИД-КЗ АВС УЗЕЛ-КЗ 89325		ZBC=2.14 61 IBC=14179 -161

Чувствительность недостаточна ( $k_q < 2,0$ ).

Сопротивление срабатывания 2 ступени ДЗ ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Икша I выбираем по согласованию с 2 ступенью ДЗ ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино.

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 2 СТУПЕНЬЮ XU=8.90 RV=5.00 T=0.80 ФМЧ 63 Ф2 -15 Ф3 115 Ф4 0 защита 1041 ШЭ2607 (89315-893В5) ЭЛ:ВЛ-110 Б.Р АСТ-ЕРМОЛИНО ПС:ЕРМОЛИНО 1 10 1СШ	УСТ ФМЧ	9.46 65	0.85	ВИД-КЗ АВС УЗ-КЗ_X 51115 Защ Б работает Zкз<Zсз - расчет уст-ки по Kт=1.000 Zp=11.13 65		ZAB=4.39 62 ZAB(B)=2.25 63

Предварительно принимаем:  $\varphi_{мчФФ} = 65^\circ$ ,  $Z_{сз} = 9,5 \text{ Ом}$ .

Ступень используется для автоматического и оперативного ускорений. Проверка чувствительности ступени при КЗ в конце защищаемой ЛЭП.

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ	УСТ ФМЧ ЗВТ JTP	9.50 65 2.07 1.60	1.99   36.92	ВИД-КЗ АВС УЗЕЛ-КЗ 89325		ZAB=2.14 61 IAB=14179 -41

Чувствительность достаточна ( $k_q = 2,0$ ).

Время срабатывания выбираем по согласованию с временем действия 2 ступени ДЗ ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино:

$$t_{сз} = t_{сз,смеж} + \Delta t = 0,8 + 0,5 = 1,3 \text{ сек}$$

Уставки срабатывания второй ступени ДЗ принимаем:

Полное сопротивление ступени:  $Z_{сз} = 9,5 \text{ Ом}$ ;

Время срабатывания:  $t_{сз} = 1,3 \text{ сек}$ ;

Время оперативного ускорения 0,5 сек;

Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ

Лист

63

Время автоматического ускорения 0,1 сек.

### Выбор параметров срабатывания 3 ступени ДЗ

Сопротивление срабатывания 3 ступени ДЗ ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Икша I выбираем по согласованию с 4 ступенью ДЗ ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино.

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 4 СТУПЕНЬЮ ХУ=22.9 РУ=12.9 Т=1.80 ФМЧ 63 Ф2 -15 Ф3 115 Ф4 0 защита 1041 ШЭ2607 (89315-893В5) ЭЛ:ВЛ-110 В.Р АСТ-ЕРМОЛИНО ПС:ЕРМОЛИНО 1 10 1СШ	УСТ ФМЧ	21.5 65	0.85	ВИД-КЗ АВС УЗ-КЗ_Х 51115 Защ В работает Зкз<Зсз - расчет уст-ки по Кт=1.000 Zp=25.27 65		ZBC=4.39 62 ZBC (Б)=2.25 63

Отстройка сопротивления срабатывания ступени ДЗ ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Икша I от замера сопротивления при трехфазном КЗ на стороне НН Т-1(2) ПС 110 кВ Ермолино в расчетном режиме работы электрической сети (отключена ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино, положение РПН Т-1(2) на ПС 110 кВ Ермолино, при котором сопротивление трансформатора минимально,  $k_{пер} = 1,0$ ).

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ОТСТРОЙКА	УСТ ФМЧ	26.4 65	0.85	ВИД-КЗ АВС УЗЕЛ-КЗ 89312	ЭЛ 104 ИЗМ 1 89315- 89312 R1=1.263 X1=27.43 R0=1.263 X0=27.43	ZCA=29.38 85

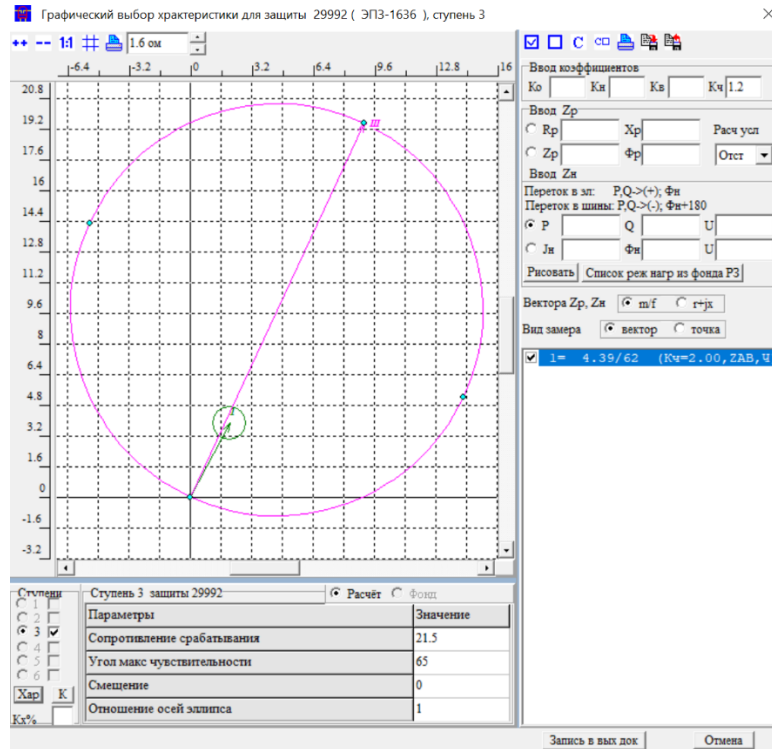
Предварительно принимаем:  $\varphi_{мчФФ} = 65^0$ ,  $Z_{сз} = 21,5$  Ом.

Сопротивление срабатывания 3 ступени ДЗ ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Икша I выбирается по условию обеспечения дальнего резервирования защит смежных элементов в каскадном режиме:

Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ

Лист

64



Графический расчет показал, что дальнейшее резервирование всех смежных элементов (вектор  $Z_1$  – замер сопротивления при КЗ на ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино у шин 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст в каскадном режиме) обеспечивается при принятых уставках.

Обеспечение дальнего резервирования при трехфазном КЗ на ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино у шин 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст «в каскаде»:

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ	УСТ	21.5	2.00	ВИД-КЗ ABC		ZAB=4.39 62
	ФМЧ	65		51115-893B5 УЗК=K		IAB=15544 -37
	ZBT	4.69				
	УТР	1.60	40.48			

Чувствительность выше нормативной ( $k_q > 1,2$ ).

Время срабатывания выбираем по согласованию с временем действия 4 ступени ДЗ ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино:

$$t_{c3} = t_{c3, \text{смеж}} + \Delta t = 1,8 + 0,5 = 2,3 \text{ сек}$$

Уставки срабатывания третьей ступени ДЗ принимаем:

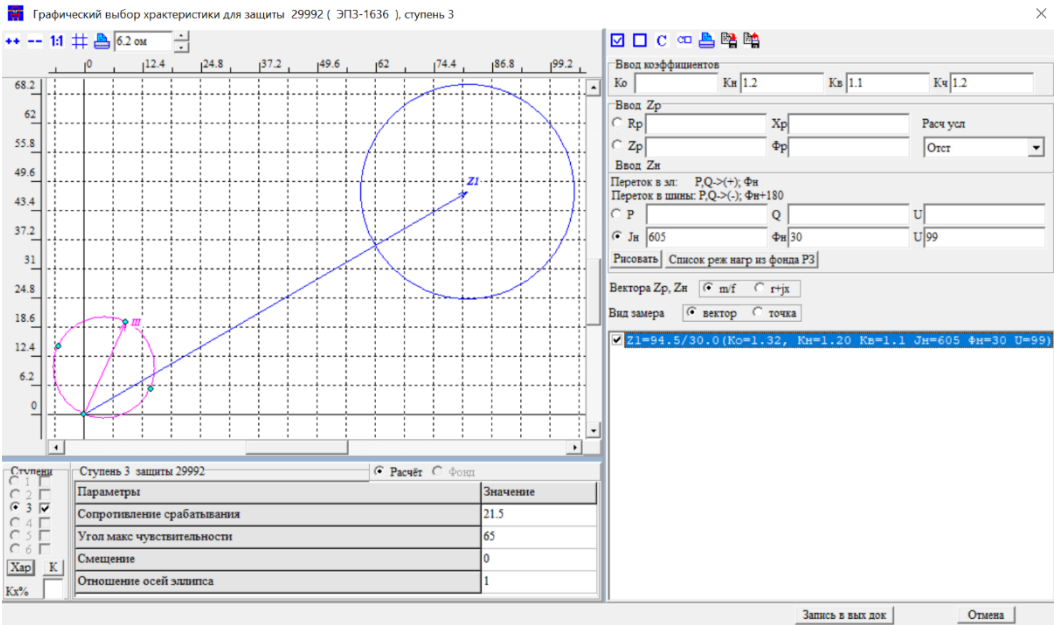
Полное сопротивление ступени:  $Z_{c3} = 21,5 \text{ Ом}$ ;

Время срабатывания:  $t_{c3} = 2,3 \text{ сек}$ .

**Отстройка характеристики срабатывания ДЗ от сопротивления в максимальном нагрузочном режиме**

Параметры максимального нагрузочного режима приняты следующими:  $I_{\text{нагр, макс}} = 605 \text{ А}$  – максимальный нагрузочный ток;  $\varphi_{\text{нагр, макс}} = 30^0$ ;  $U_{\text{нагр, мин}} = 0,9 \cdot U_{\text{ном}} = 0,9 \cdot 110 = 99 \text{ кВ}$ .

Отстройка характеристики срабатывания ДЗ от сопротивления в максимальном нагрузочном режиме производится графическим методом.



Из рисунка видно, что отстройка характеристики срабатывания ДЗ от сопротивления в максимальном нагрузочном режиме не требуется.

**3.2.3 Расчет параметров токовой защиты нулевой последовательности ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино**  
**Выбор параметров срабатывания ТЗНП ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино**

В данном разделе выполнен ориентировочный расчет параметров срабатывания токовой защиты нулевой последовательности (далее – ТЗНП) реализованной во вновь вводимом МП терминале ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино.

При расчетах принято: коэффициент отстройки  $1,25 \div 1,3$ , коэффициент согласования 1.1. Согласование защит производится при КЗ в точке или при КЗ на смежной линии при токе на грани срабатывания защиты этой линии.

Для уменьшения объема пояснительной записки при расчете представлены только определяющие расчетные условия, при определяющем виде КЗ.

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

### Выбор параметров срабатывания 1 ступени ТЗНП

Ток срабатывания 1 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино выбираем по отстройке от тока при КЗ на землю на 1 сек. 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст в максимальном режиме работы электрической сети (отключены ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I, II цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая, АТ-4 ПС 750 кВ Белый Раст).

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ОТСТРОЙКА	УСТ	4914	1.30	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 51115	ЭЛ 102 103 100	3I0=3780 -72 3U0=44.71 -169
	УСТ	4995	1.30	ВИД-КЗ ВС0 УЗЕЛ-КЗ 51115	ЭЛ 102 103 100	3I0=3843 105 3U0=45.45 8

Уставку по току 1 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино выбираем по отстройке от тока при КЗ на землю на I СШ 110 кВ ПС 110 кВ Икша I при каскадном отключении повреждения на ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая в максимальном режиме работы электрической сети (размыкание 1-2 сек. 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст, отключен АТ-4 ПС 750 кВ Белый Раст).

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ОТСТРОЙКА	УСТ	3924	1.30	ВИД-КЗ А0 1 23115-60005 УЗК=К	ОТКЛ 0 51115- 511С5 ОТКЛ 0 51125- 511В5 ЭЛ 100	3I0=3018 -75 3U0=36.83 -171
	УСТ	3105	1.30	ВИД-КЗ ВС0 1 23115-60005 УЗК=К	ОТКЛ 0 51115- 511С5 ОТКЛ 0 51125- 511В5 ЭЛ 100	3I0=2388 103 3U0=29.14 7

Принимаем предварительно:  $3I_{0cp} = 5000$  А.

Проверка чувствительности ступени при КЗ в начале защищаемой ЛЭП:

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ЧУВСТВИНОСТЬ	УСТ	5000	1.98	ВИД-КЗ А0 89315-893В5,0.010		3I0=9915 -78 3U0=86.42 -177
	УСТ	5000	1.83	ВИД-КЗ АВ0 89315-893В5,0.010		3I0=9128 -140 3U0=79.57 121

Чувствительность выше нормативной ( $k_{\text{ч}} > 1,2$ ).

Уставки срабатывания первой ступени ТЗНП принимаем:

Ток срабатывания ступени:  $3I_{0уст} = 5000$  А первичных (6,25 А вторичных), направление – вперед;

Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ

Лист

67

Время срабатывания ступени:  $t_{\text{ср}} = 0$  сек.

### Выбор параметров срабатывания 2 ступени ТЗНП

Уставку по току 2 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино выбираем по отстройке от тока при КЗ на землю на 1(2) СШ 500 кВ ПС 750 кВ Белый Раст (отключены ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I, II цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая):

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ОТСТРОЙКА	УСТ	2800	1.20	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 51118	ЭЛ 102 103	3I0=2333 -84 3U0=27.68 179
	УСТ	2557	1.20	ВИД-КЗ ВС0 УЗЕЛ-КЗ 51118	ЭЛ 102 103	3I0=2131 98 3U0=25.28 1

Уставку по току 2 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино выбираем по согласованию с 1 ступенью ТЗНП ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая со стороны ПС 750 кВ Белый Раст при каскадном отключении повреждения в максимальном режиме работы электрической сети (размыкание 1-2 сек. 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст):

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 1 СТУПЕНЬЮ 13000 T=0.10 защита 1021 ТЗНП (1 51115- 60005) ЭЛ:ВЛ-110 ИКШ А-Б.РАСТ_1 ПС:Б.РАСТ 110 1С	УСТ	2228	1.10	ВИД-КЗ А0 ВЕРР 102/51115 1 51115-60005,0.588 (Лотн_лин=0.492)	ОТКЛ 1 *23115-60005 ОТКЛ 0 51115- 511С5 ОТКЛ 0 51125- 511В5	3I0=2026 -71 3U0=25.31 -167 3I0(Б)=12999 -76 3U0(Б)=39.11 -172

Уставку по току 2 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино выбираем по согласованию с 1 ступенью ТЗНП ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст II цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая со стороны ПС 750 кВ Белый Раст в максимальном режиме работы электрической сети (отключены ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая, АТ-5 ПС 750 кВ Белый Раст):

Взам. инв. №							
	Подп. и дата						
Инв. № подл.							
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ	Лист
							68

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 1 СТУПЕНЬЮ 13000 Т=0.10 защита 1031 ТЗНП (2 51125- 600А5) ЭЛ:ВЛ-110 ИКШ А-Б.РАСТ_2 ПС:Б.РАСТ 110 2С	УСТ	2073	1.10	ВИД-КЗ А0 ВЕЕР 103/51125 2 51125-600А5,0.707 (Лотн_лин=0.601)	ЭЛ 102 ЭЛ 101	3I0=1884 -70 3U0=25.93 -165 3I0(Б)=12999 -75 3U0(Б)=39.38 -170

Уставку по току 2 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино выбираем по согласованию с 1 ступенью ТЗНП ВЛ 110 кВ Луговая – Белый Раст с отпайкой на ПС 110 кВ Аксаково со стороны ПС 750 кВ Белый Раст в максимальном режиме работы электрической сети (размыкание 1-2 сек. 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст):

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 1 СТУПЕНЬЮ 6600 Т=0.10 защита 1081 ТЗНП (51115-66405) ЭЛ:ВЛ-110 ЛУГ ОВАЯ-Б.РАСТ С ОТП. ПС:Б.РАСТ 110 1С	УСТ	844	1.10	ВИД-КЗ А0 ВЕЕР 108/51115 66405-51115,0.042 (Лотн_лин=0.689)	ОТКЛ 0 51115- 511С5 ОТКЛ 0 51125- 511В5	3I0=767 -68 3U0=15.03 -164 3I0(Б)=6599 -72 3U0(Б)=20.36 -168

Уставку по току 2 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино выбираем по согласованию с 1 ступенью ТЗНП ВЛ 110 кВ Шереметьево – Белый Раст со стороны ПС 750 кВ Белый Раст в максимальном режиме работы электрической сети (отключен АТ-4 ПС 750 кВ Белый Раст):

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 1 СТУПЕНЬЮ 5000 Т=0.10 защита 1071 ТЗНП (51125-42915) ЭЛ:ВЛ-110 ШЕР ЕМЕТЬЕВО-Б.РА СТ ПС:Б.РАСТ 110 2С	УСТ	586	1.10	ВИД-КЗ А0 ВЕЕР 107/51125 42915-51125,0.413 (Лотн_лин=0.587)	ЭЛ 100	3I0=533 -64 3U0=9.12 -161 3I0(Б)=4997 -68 3U0(Б)=13.01 -165

Уставку по току 2 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино выбираем по согласованию с 1 ступенью ТЗНП ВЛ 110 кВ Солнечногорск –

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



Белый Раст I(II) цепь со стороны ПС 750 кВ Белый Раст в максимальном режиме работы электрической сети (размыкание 1-2 сек. 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст):

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 1 СТУПЕНЬЮ 4000 Т=0.10 защита 1051 ТЗНП (1 51115- 11615) ЭЛ:ВЛ 110 СОЛ НЕЧНОГОРСК-В. РАСТ_1 ПС:Б.РАСТ 110 1С	УСТ	583	1.10	ВИД-КЗ А0 ВЕРР 105/51115 1 11615-51115,0.486 (Лотн_лин=0.514)	ОТКЛ 0 51115- 511С5 ОТКЛ 0 51125- 511В5	3I0=530 -68 3U0=9.59 -164 3I0 (Б)=3997 -72 3U0 (Б)=12.60 -167

Принимаем предварительно:  $3I_{0cp} = 2800$  А.

Проверка чувствительности 2 ступени ТЗНП при КЗ в конце ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино у 1 сек. 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст в минимальном режиме работы электрической сети (отключены ВЛ 110 кВ Икша I – Комсомольская, Т-1 ПС 110 кВ Ермолино):

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ЧУВСТВИНОСТЬ	УСТ	2800	0.54	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 51115	ЭЛ 109 3017	3I0=1509 -75 3U0=51.06 -173
	УСТ	2800	0.58	ВИД-КЗ АВ0 УЗЕЛ-КЗ 51115	ЭЛ 109 3017	3I0=1633 -138 3U0=55.26 125

Чувствительность ниже нормативной ( $k_q < 1,3$ ).

Уставку по току 2 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино выбираем по согласованию с 1 ступенью ТЗНП на стороне 500 кВ АТ-4(5) ПС 750 кВ Белый Раст в максимальном режиме работы электрической сети (отключены ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I, II цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая):

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 1 СТУПЕНЬЮ 1100 Т=1.90 защита 1001 ТЗНП (4 51118- 51140)- ЭЛ:АТ-4 (500/ 110/10) ПС "Б .РАСТ" ПС:БЕЛЫЙ РАСТ 500	УСТ	2033	1.10	ВИД-КЗ А0 УЗ-КЗ_Х 51118 Защ Б работает Икз>Исз - расчет уст-ки по Кт=0.387	ЭЛ 102 103	3I0=2333 -84 3U0=27.68 179 3I0 (Б)=1388 -89 3U0 (Б)=371.17 177

Уставку по току 2 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС

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

110 кВ Ермолино выбираем по согласованию с 2 ступенью ТЗНП ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая со стороны ПС 750 кВ Белый Раст при каскадном отключении повреждения в максимальном режиме работы электрической сети (размыкание 1-2 сек. 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст):

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 2 СТУПЕНЬЮ 6240 Т=1.30 защита 1021 ТЗНП (1 51115- 60005) ЭЛ:ВЛ-110 ИКШ А-Б.РАСТ_1 ПС:Б.РАСТ 110 1С	УСТ	1036	1.10	ВИД-КЗ А0 1 23115-60005 УЗК=Р2 УЗ-КЗ_Р Р2 Защ Б работает Икз>Исз - расчет уст-ки по Кт=0.151	ОТКЛ 0 51115- 511С5 ОТКЛ 0 51125- 511В5	3I0=1392 -70 3U0=18.14 -166 3I0 (Б)=9225 -74 3U0 (Б)=27.59 -170

Уставку по току 2 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино выбираем по согласованию с 2 ступенью ТЗНП ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст II цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая со стороны ПС 750 кВ Белый Раст в максимальном режиме работы электрической сети (отключены ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая, АТ-5 ПС 750 кВ Белый Раст):

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 2 СТУПЕНЬЮ 6240 Т=1.30 защита 1031 ТЗНП (2 51125- 600А5) ЭЛ:ВЛ-110 ИКШ А-Б.РАСТ_2 ПС:Б.РАСТ 110 2С	УСТ	944	1.10	ВИД-КЗ А0 УЗ-КЗ_Х 23125 Защ Б работает Икз>Исз - расчет уст-ки по Кт=0.138	ЭЛ 102 ЭЛ 101	3I0=1444 -69 3U0=21.70 -164 3I0 (Б)=10496 -73 3U0 (Б)=32.06 -169

Уставку по току 2 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино выбираем по согласованию с 2 ступенью ТЗНП ВЛ 110 кВ Луговая – Белый Раст с отпайкой на ПС 110 кВ Аксаково со стороны ПС 750 кВ Белый Раст в максимальном режиме работы электрической сети (размыкание 1-2 сек. 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст):

Взам. инв. №							
	Подп. и дата						
Инв. № подл.							
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ	Лист
							71

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 2 СТУПЕНЬЮ 4470 Т=0.90 защита 1081 ТЗНП (51115-66405) ЭЛ:ВЛ-110 ЛУГ ОВАЯ-Б.РАСТ С ОТП. ПС:Б.РАСТ 110 1С	УСТ	567	1.10	ВИД-КЗ А0 УЗ-КЗ_Х 32515 Защ Б работает Ikз>Iсз - расчет уст-ки по Kт=0.115	ОТКЛ 0 51115- 511С5 ОТКЛ 0 51125- 511В5	3I0=572 -66 3U0=11.27 -163 3I0(Б)=4961 -71 3U0(Б)=15.24 -166

Уставку по току 2 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино выбираем по согласованию с 2 ступенью ТЗНП ВЛ 110 кВ Шереметьево – Белый Раст со стороны ПС 750 кВ Белый Раст в максимальном режиме работы электрической сети (отключен АТ-4 ПС 750 кВ Белый Раст):

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 2 СТУПЕНЬЮ 2870 Т=0.90 защита 1071 ТЗНП (51125-42915) ЭЛ:ВЛ-110 ШЕР ЕМЕТЬЕВО-Б.РА СТ ПС:Б.РАСТ 110 2С	УСТ	300	1.10	ВИД-КЗ А0 ВЕЕР 107/51125 42915-51125,0.041 (Лотн_лин=0.959)	ЭЛ 100	3I0=273 -59 3U0=4.67 -156 3I0(Б)=2868 -63 3U0(Б)=6.66 -160

Уставку по току 2 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино выбираем по согласованию с 1 ступенью ТЗНП ВЛ 110 кВ Солнечногорск – Белый Раст I(II) цепь со стороны ПС 750 кВ Белый Раст в максимальном режиме работы электрической сети (отключен АТ-4 ПС 750 кВ Белый Раст):

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 2 СТУПЕНЬЮ 1600 Т=1.40 защита 1051 ТЗНП (1 51115- 11615) ЭЛ:ВЛ 110 СОЛ НЕЧНОГОРСК-Б. РАСТ_1 ПС:Б.РАСТ 110 1С	УСТ	466	1.10	ВИД-КЗ А0 ВЕЕР 105/51115 1 11615-51115,0.056 (Лотн_лин=0.944)	ЭЛ 100	3I0=424 -71 3U0=5.67 -166 3I0(Б)=1598 -72 3U0(Б)=6.22 -166

Принимаем предварительно:  $3I_{0cp} = 2035 \text{ А.}$

Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ

Лист

72

Проверка чувствительности 2 ступени ТЗНП при КЗ в конце ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино у 1 сек. 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст в минимальном режиме работы электрической сети (отключены ВЛ 110 кВ Икша I – Комсомольская, Т-1 ПС 110 кВ Ермолино):

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ЧУВСТВИНОСТЬ	УСТ	2035	0.74	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 51115	ЭЛ 109 3017	3I0=1509 -75 3U0=51.06 -173
	УСТ	2035	0.80	ВИД-КЗ АВ0 УЗЕЛ-КЗ 51115	ЭЛ 109 3017	3I0=1633 -138 3U0=55.26 125

Чувствительность ниже нормативной ( $k_{\text{ч}} < 1,3$ ).

Проверка чувствительности 2 ступени ТЗНП при КЗ в конце ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино у 1 сек. 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст в нормальном режиме работы электрической сети:

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ЧУВСТВИНОСТЬ	УСТ	2035	1.28 ≈1.3	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 51115		3I0=2622 -74 3U0=44.93 -171
	УСТ	2035	1.38	ВИД-КЗ АВ0 УЗЕЛ-КЗ 51115		3I0=2814 -136 3U0=48.22 126

Чувствительность выше нормативной ( $k_{\text{ч}} \geq 1,3$ ).

Проверка чувствительности 2 ступени ТЗНП при КЗ в конце ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино у 1 сек. 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст в минимальном режиме работы электрической сети (отключены ВЛ 110 кВ Икша I – Комсомольская, Т-1 ПС 110 кВ Ермолино) «в каскаде»:

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ЧУВСТВИНОСТЬ	УСТ	2035	1.92	ВИД-КЗ А0 51115-893В5 УЗК=К	ЭЛ 102 103 3017	3I0=3906 -71 3U0=66.21 -170
	УСТ	2035	1.70	ВИД-КЗ АВ0 51115-893В5 УЗК=К	ЭЛ 102 103 3017	3I0=3465 -135 3U0=58.74 126

Чувствительность выше нормативной ( $k_{\text{ч}} \geq 1,3$ ).

Расчет времени срабатывания 2 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино:

1)  $t_{\text{сз}} = t_{\text{сз,смеж}} + \Delta t = 1,3 + 0,4 = 1,7$  сек – согласование с временем срабатывания 2 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I, II цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая со стороны ПС 750 кВ Белый Раст;

2)  $t_{\text{сз}} = t_{\text{сз,смеж}} + \Delta t = 0,9 + 0,4 = 1,3$  сек – согласование с временем срабатывания 2 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Луговая – Белый Раст с отпайкой на ПС 110 кВ Аксаково со стороны

Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ

Лист

73

ПС 750 кВ Белый Раст;

3)  $t_{сз} = t_{сз,смеж} + \Delta t = 0,9 + 0,4 = 1,3$  сек – согласование с временем срабатывания 2 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Шереметьево – Белый Раст со стороны ПС 750 кВ Белый Раст;

4)  $t_{сз} = t_{сз,смеж} + \Delta t = 1,4 + 0,4 = 1,8$  сек – согласование с временем срабатывания 2 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Солнечногорск – Белый Раст I(II) цепь со стороны ПС 750 кВ Белый Раст;

5)  $t_{сз} = t_{сз,смеж} + \Delta t = 1,9 + 0,4 = 2,3$  сек – согласование с временем срабатывания 1 ступени ТЗНП на стороне 500 кВ АТ-3(4) ПС 750 кВ Белый Раст.

Уставки срабатывания второй ступени ТЗНП принимаем:

Ток срабатывания ступени:  $3I_{уст} = 2035$  А первичных (2,54 А вторичных), направление – вперед;

Время срабатывания ступени:  $t_{ср} = 2,3$  сек.

### Выбор параметров срабатывания 3 ступени ТЗНП

Третья ступень защиты используется для оперативного и автоматического ускорений. Уставка по току выбирается по чувствительности к КЗ на землю в конце защищаемой ЛЭП у 1 сек. 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст в минимальном режиме работы электрической сети.

Обеспечение чувствительности 3 ступени ТЗНП при КЗ в конце ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино у 1 сек. 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст в минимальном режиме работы электрической сети (отключены ВЛ 110 кВ Икша I – Комсомольская, Т-1 ПС 110 кВ Ермолино):

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ЧУВСТВИНОСТЬ	УСТ	750	2.01	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 51115	ЭЛ 109 3017	3I0=1509 -75 3U0=51.06 -173
	УСТ	750	2.18	ВИД-КЗ АВ0 УЗЕЛ-КЗ 51115	ЭЛ 109 3017	3I0=1633 -138 3U0=55.26 125

Обеспечение чувствительности 3 ступени ТЗНП при КЗ в конце ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино у 1 сек. 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст в минимальном режиме работы электрической сети (отключены ВЛ 110 кВ Икша I – Комсомольская, Т-1 ПС 110 кВ Ермолино) «в каскаде»:

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ЧУВСТВИНОСТЬ	УСТ	750	5.21	ВИД-КЗ А0 51115-893В5 УЗК=К	ЭЛ 102 103 3017	3I0=3906 -71 3U0=66.21 -170
	УСТ	750	4.62	ВИД-КЗ АВ0 51115-893В5 УЗК=К	ЭЛ 102 103 3017	3I0=3465 -135 3U0=58.74 126

Уставки срабатывания третьей ступени ТЗНП принимаем:

Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ

Лист

74

Ток срабатывания ступени:  $3I_{уст} = 750$  А первичных (0,94 А вторичных);

Время оперативного ускорения 0,5 сек.

Время автоматического ускорения 0,1 сек.

### Выбор параметров срабатывания 4 ступени ТЗНП

Уставку по току 4 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино выбираем по согласованию с 2 ступенью ТЗНП на стороне 500 кВ АТ-4(5) ПС 750 кВ Белый Раст в максимальном режиме работы электрической сети (отключены ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I, II цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая):

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 2 СТУПЕНЬЮ 500 Т=4.50 защита 1001 ТЗНП (4 51118- 51140)- ЭЛ:АТ-4 (500/ 110/10) ПС "Б .РАСТ" ПС:БЕЛЫЙ РАСТ 500	УСТ	925	1.10	ВИД-КЗ А0 УЗ-КЗ_Х 51118 Защ Б работает Икз>Исз - расчет уст-ки по Кт=0.387	ЭЛ 102 103	3I0=2334 -83 3U0=27.68 180 3I0(Б)=1387 -90 3U0(Б)=371.19 177

Уставку по току 4 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино выбираем по согласованию с 3 ступенью ТЗНП ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая со стороны ПС 750 кВ Белый Раст при каскадном отключении повреждения в максимальном режиме работы электрической сети (размыкание 1-2 сек. 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст):

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 3 СТУПЕНЬЮ 1850 Т=2.10 защита 1021 ТЗНП (1 51115- 60005) ЭЛ:ВЛ-110 ИКШ А-Б.РАСТ_1 ПС:Б.РАСТ 110 1С	УСТ	307	1.10	ВИД-КЗ А0 1 23115-60005 УЗК=Р2 УЗ-КЗ_Р Р2 Защ Б работает Икз>Исз - расчет уст-ки по Кт=0.151	ОТКЛ 0 51115- 511С5 ОТКЛ 0 51125- 511В5	3I0=1392 -70 3U0=18.14 -166 3I0(Б)=9225 -74 3U0(Б)=27.59 -170

Уставку по току 4 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино выбираем по согласованию с 3 ступенью ТЗНП ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст II цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая со стороны ПС 750 кВ Белый Раст в максимальном режиме работы электрической сети (отключены ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I цепь с

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

отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая, АТ-5 ПС 750 кВ Белый Раст):

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 3 СТУПЕНЬЮ 1850 Т=2.10 защита 1031 ТЗНП (2 51125- 600А5) ЭЛ:ВЛ-110 ИКШ А-Б.РАСТ_2 ПС:Б.РАСТ 110 2С	УСТ	280	1.10	ВИД-КЗ А0 УЗ-КЗ_Х 23125 Защ Б работает Ikз>Iсз - расчет уст-ки по Kт=0.138	ЭЛ 102 ЭЛ 101	3I0=1445 -68 3U0=21.72 -163 3I0 (Б)=10502 -74 3U0 (Б)=32.09 -168

Уставку по току 4 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино выбираем по согласованию с 3 ступенью ТЗНП ВЛ 110 кВ Луговая – Белый Раст с отпайкой на ПС 110 кВ Аксаково со стороны ПС 750 кВ Белый Раст в максимальном режиме работы электрической сети (размыкание 1-2 сек. 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст):

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 3 СТУПЕНЬЮ 1950 Т=1.80 защита 1081 ТЗНП (51115-66405) ЭЛ:ВЛ-110 ЛУГ ОВАЯ-Б.РАСТ С ОТП. ПС:Б.РАСТ 110 1С	УСТ	247	1.10	ВИД-КЗ А0 УЗ-КЗ_Х 32515 Защ Б работает Ikз>Iсз - расчет уст-ки по Kт=0.115	ОТКЛ 0 51115- 511С5 ОТКЛ 0 51125- 511В5	3I0=572 -66 3U0=11.27 -163 3I0 (Б)=4961 -71 3U0 (Б)=15.24 -166

Уставку по току 4 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино выбираем по согласованию с 3 ступенью ТЗНП ВЛ 110 кВ Шереметьево – Белый Раст со стороны ПС 750 кВ Белый Раст в максимальном режиме работы электрической сети (отключен АТ-4 ПС 750 кВ Белый Раст):

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 3 СТУПЕНЬЮ 1430 Т=2.20 защита 1071 ТЗНП (51125-42915) ЭЛ:ВЛ-110 ШЕР ЕМЕТЬЕВО-Б.РА СТ ПС:Б.РАСТ 110 2С	УСТ	147	1.10	ВИД-КЗ А0 УЗ-КЗ_Х 42915 Защ Б работает Ikз>Iсз - расчет уст-ки по Kт=0.093	ЭЛ 100	3I0=253 -58 3U0=4.33 -155 3I0 (Б)=2708 -63 3U0 (Б)=6.17 -159

Уставку по току 4 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС

Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ

Лист

76

110 кВ Ермолино выбираем по согласованию с 3 ступенью ТЗНП ВЛ 110 кВ Солнечногорск – Белый Раст I(II) цепь со стороны ПС 750 кВ Белый Раст в максимальном режиме работы электрической сети (отключен АТ-4 ПС 750 кВ Белый Раст):

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 3 СТУПЕНЬЮ 800 Т=3.50 защита 1051 ТЗНП (1 51115- 11615) ЭЛ:ВЛ 110 СОЛ НЕЧНОГОРСК-Б. РАСТ_1 ПС:Б.РАСТ 110 1С	УСТ	402	1.10	ВИД-КЗ А0 УЗ-КЗ_Х 11615 Защ Б работает Ikз>Iсз - расчет уст-ки по Kт=0.457	ЭЛ 100	3I0=463 -73 3U0=5.65 -169 3I0(Б)=1013 -72 3U0(Б)=5.39 -166

Принимаем предварительно:  $3I_{0cp} = 930$  А.

Проверка чувствительности 4 ступени ТЗНП при КЗ в конце ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино у 1 сек. 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст в минимальном режиме работы электрической сети (отключены ВЛ 110 кВ Икша I – Комсомольская, Т-1 ПС 110 кВ Ермолино):

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ЧУВСТВИНОСТЬ	УСТ	930	1.62	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 51115	ЭЛ 109 3017	3I0=1509 -75 3U0=51.06 -173
	УСТ	930	1.76	ВИД-КЗ АВ0 УЗЕЛ-КЗ 51115	ЭЛ 109 3017	3I0=1633 -138 3U0=55.26 125

Чувствительность выше нормативной ( $k_q > 1,5$ ).

Расчет времени срабатывания 4 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино:

1)  $t_{сз} = t_{сз,смеж} + \Delta t = 2,1 + 0,4 = 2,5$  сек – согласование с временем срабатывания 3 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I, II цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая со стороны ПС 750 кВ Белый Раст;

2)  $t_{сз} = t_{сз,смеж} + \Delta t = 1,8 + 0,4 = 2,2$  сек – согласование с временем срабатывания 3 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Луговая – Белый Раст с отпайкой на ПС 110 кВ Аксаково со стороны ПС 750 кВ Белый Раст;

3)  $t_{сз} = t_{сз,смеж} + \Delta t = 2,2 + 0,4 = 2,6$  сек – согласование с временем срабатывания 3 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Шереметьево – Белый Раст со стороны ПС 750 кВ Белый Раст;

4)  $t_{сз} = t_{сз,смеж} + \Delta t = 3,5 + 0,4 = 3,9$  сек – согласование с временем срабатывания 3 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Солнечногорск – Белый Раст I(II) цепь со стороны ПС 750 кВ Белый

Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № подл.							Лист 77	
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		



Раст;

5)  $t_{сз} = t_{сз,смеж} + \Delta t = 4,5 + 0,4 = 4,9$  сек – согласование с временем срабатывания 2 ступени ТЗНП на стороне 500 кВ АТ-3(4) ПС 750 кВ Белый Раст.

Уставки срабатывания четвертой ступени ТЗНП принимаем:

Ток срабатывания ступени:  $3I_{0уст} = 930$  А первичных (1,16 А вторичных), направление – вперед;

Время срабатывания ступени:  $t_{ср} = 4,9$  сек.

### Выбор параметров срабатывания 5 ступени ТЗНП

Отстройка от тока небаланса в максимальном нагрузочном режиме.

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
НАГРУЗКА	УСТ	84			КН=1.25 КВРТ=0.90 КНБ=0.10 JH=605	

Ток срабатывания 5 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино выбираем по условию обеспечения дальнего резервирования защит смежных элементов в каскадном режиме. Принимаем предварительно:  $3I_{0сз} = 150$  А, направленность – вперед.

Обеспечение дальнего резервирования при КЗ на землю на стороне 500 кВ АТ-4 ПС 750 кВ Белый Раст «в каскаде»:

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ЧУВСТВИНОСТЬ	УСТ	150	4.66	ВИД-КЗ А0 4 51118-51140 УЗК=К		3I0=699 -81 3U0=11.97 -178
	УСТ	150	4.70	ВИД-КЗ АВ0 4 51118-51140 УЗК=К		3I0=704 -141 3U0=12.07 121

Чувствительность выше нормативной ( $k_q > 1,2$ ).

Обеспечение дальнего резервирования при КЗ на землю на стороне 500 кВ АТ-5 ПС 750 кВ Белый Раст «в каскаде»:

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ЧУВСТВИНОСТЬ	УСТ	150	4.74	ВИД-КЗ А0 5 51118-51150 УЗК=К		3I0=711 -81 3U0=12.18 -178
	УСТ	150	4.77	ВИД-КЗ АВ0 5 51118-51150 УЗК=К		3I0=716 -141 3U0=12.27 122

Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ

Лист

78

Чувствительность выше нормативной ( $k_q > 1,2$ ).

Обеспечение дальнего резервирования при КЗ на землю на ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая у шин 110 кВ ПС 110 кВ Икша I «в каскаде»:

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ЧУВСТВИНОСТЬ	УСТ	150	4.87	ВИД-КЗ А0 1 23115-60005 УЗК=К		3I0=731 -68 3U0=11.36 -162
	УСТ	150	3.94	ВИД-КЗ АВ0 1 23115-60005 УЗК=К		3I0=591 -130 3U0=9.18 137

Чувствительность выше нормативной ( $k_q > 1,2$ ).

Обеспечение дальнего резервирования при КЗ на землю на ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст II цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая у шин 110 кВ ПС 110 кВ Икша I «в каскаде»:

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ЧУВСТВИНОСТЬ	УСТ	150	8.01	ВИД-КЗ А0 2 23125-600A5 УЗК=К	ЭЛ 102	3I0=1202 -65 3U0=14.22 -162
	УСТ	150	6.97	ВИД-КЗ АВ0 2 23125-600A5 УЗК=К	ЭЛ 102	3I0=1045 -126 3U0=12.36 137

Чувствительность выше нормативной ( $k_q > 1,2$ ).

Обеспечение дальнего резервирования при КЗ на землю на ВЛ 110 кВ Шереметьево – Белый Раст у шин 110 кВ ПС 110 кВ Шереметьево «в каскаде»:

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ЧУВСТВИНОСТЬ	УСТ	150	1.77	ВИД-КЗ А0 42915-51125 УЗК=К		3I0=265 -63 3U0=4.54 -160
	УСТ	150	1.33	ВИД-КЗ АВ0 42915-51125 УЗК=К		3I0=200 -125 3U0=3.42 138

Чувствительность выше нормативной ( $k_q > 1,2$ ).

Обеспечение дальнего резервирования при КЗ на землю на ВЛ 110 кВ Луговая – Белый Раст с отпайкой на ПС 110 кВ Аксаково у шин 110 кВ ПС 110 кВ Луговая «в каскаде»:

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ЧУВСТВИНОСТЬ	УСТ	150	2.41	ВИД-КЗ А0 32515-66405 УЗК=К		3I0=361 -63 3U0=6.19 -160
	УСТ	150	1.84	ВИД-КЗ АВ0 32515-66405 УЗК=К		3I0=276 -125 3U0=4.72 138

Чувствительность выше нормативной ( $k_q > 1,2$ ).

Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ

Лист

79

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм. Кол.уч. Лист № док. Подп. Дата



Ток срабатывания ступени:  $3I_{уст} = 150 \text{ А}$  первичных (0,18 А вторичных), направление – вперед;

Время срабатывания ступени:  $t_{ср} = 5,9 \text{ сек.}$

### **Выбор параметров срабатывания ТЗНП ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 750 кВ Белый Раст**

В данном разделе выполнен ориентировочный расчет параметров срабатывания токовой защиты нулевой последовательности (далее – ТЗНП) реализованной в существующем МП терминале 7SA522 ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 750 кВ Белый Раст.

Выбор параметров срабатывания ТЗНП выполнен в соответствии с Руководящими указаниями по релейной защите выпуск 12 «Токовая защита нулевой последовательности от замыканий на землю линий 110-500 кВ. Расчеты», также с учетом Рекомендаций по выбору параметров и уставок терминала 7SA522. При расчетах принято: коэффициент отстройки  $1,25 \div 1,3$ , коэффициент согласования 1.1. Согласование защит производится при КЗ в точке или при КЗ на смежной линии при токе на грани срабатывания защиты этой линии.

В терминале 7SA522 ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 750 кВ Белый Раст задействованы 4 ступени токовой защиты нулевой последовательности, вторая и третья ступени используются для автоматического и оперативного ускорений соответственно.

Для уменьшения объема пояснительной записки при расчете представлены только определяющие расчетные условия, при определяющем виде КЗ.

### **Выбор параметров срабатывания 1 ступени ТЗНП**

Ток срабатывания 1 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 750 кВ Белый Раст выбираем по отстройке от тока при КЗ на землю на ПС 110 кВ Ермолино в максимальном режиме работы электрической сети (отключены ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая, Т-1 ПС 110 кВ Ермолино).

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ОТСТРОЙКА	УСТ	15020	1.30	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 89315	ЭЛ 102 3017	$3I_0=11554 -71$ $3U_0=22.01 -164$
	УСТ	13076	1.30	ВИД-КЗ ВС0 УЗЕЛ-КЗ 89315	ЭЛ 102 3017	$3I_0=10059 107$ $3U_0=19.16 14$

Принимаем предварительно:  $3I_{0ср} = 15020 \text{ А.}$

Проверка чувствительности ступени при КЗ в начале защищаемой ЛЭП:

Взам. инв. №						
	Подп. и дата					
Инв. № подл.						
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ
						Лист
						81

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ	УСТ	15020	2.23	ВИД-КЗ А0 51115-893В5,0.010		3I0=33552 -82 3U0=63.38 -175
	УСТ	15020	2.39	ВИД-КЗ АВ0 51115-893В5,0.010		3I0=35871 -144 3U0=67.75 123

Чувствительность достаточна.

Уставки срабатывания первой ступени ТЗНП принимаем:

Ток срабатывания ступени:  $3I_{0уст} = 15020$  А первичных (15,02 А вторичных),  
направление – вперед;

Время срабатывания ступени:  $t_{ср} = 0$  сек.

### Выбор параметров срабатывания 2 ступени ТЗНП

Уставку по току 2 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 750 кВ Белый Раст выбираем по согласованию с 1 ступенью ТЗНП ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино в максимальном режиме работы электрической сети (отключен Т-1 ПС 110 кВ Ермолино):

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ (51115-893В5) с 1 СТУПЕНЬЮ 11305 Т=0.10 защита 29991 ТЗНП (89325-893А5) ЭЛ:ВЛ-110 ИКШ А-I-ЕРМОЛИНО ПС:ЕРМОЛИНО 1 10 2СШ	УСТ	10288	1.10	ВИД-КЗ А0 ВЕР 2999/89325 893А5-89325,0.502 (Лотн_лин=0.327)	ЭЛ 102 3017	3I0=9353 -70 3U0=18.02 -162 3I0 (В)=11305 -72 3U0 (В)=77.75 -176

Принимаем предварительно:  $3I_{0ср} = 10300$  А.

Проверка чувствительности 2 ступени ТЗНП при КЗ в конце ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино вблизи ПС 110 кВ Ермолино в минимальном режиме работы электрической сети (размыкание 1-2 сек. 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст):

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ	УСТ	10300	0.73	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 89315	ОТКЛ 0 51115- 511С5 ОТКЛ 0 51125- 511В5	3I0=7512 -71 3U0=34.17 -167
	УСТ	10300	0.69	ВИД-КЗ АВ0 УЗЕЛ-КЗ 89315	ОТКЛ 0 51115- 511С5 ОТКЛ 0 51125- 511В5	3I0=7137 -134 3U0=32.47 130

Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ

Лист

82

Чувствительность ниже нормативной ( $k_{\text{ч}} < 1,3$ ).

Проверка чувствительности 2 ступени ТЗНП при КЗ в конце ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино вблизи ПС 110 кВ Ермолино в нормальном режиме работы электрической сети:

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ЧУВСТВИНОСТЬ	УСТ	10300	0.95	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 89315		3I0=9806 -71 3U0=24.24 -166
	УСТ	10300	0.88	ВИД-КЗ АВ0 УЗЕЛ-КЗ 89315		3I0=9028 -133 3U0=22.32 133

Чувствительность ниже нормативной ( $k_{\text{ч}} < 1,3$ ).

Уставку по току 2 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 750 кВ Белый Раст выбираем по согласованию с 2 ступенью ТЗНП ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино в максимальном режиме работы электрической сети (отключены ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая, Т-1 ПС 110 кВ Ермолино):

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ (51115-893В5) с 2 СТУПЕНЬЮ 4160 Т=2.20 защита 29991 ТЗНП (89325-893А5) ЭЛ:ВЛ-110 ИКШ А-I-ЕРМОЛИНО ПС:ЕРМОЛИНО 1 10 2СШ	УСТ	3781	1.10	ВИД-КЗ А0 УЗ-КЗ_Х 23115 Защ В работает Икз>Исз - расчет уст-ки по Кт=0.826	ЭЛ 102 3017	3I0=6600 -69 3U0=13.10 -161 3I0 (В)=7987 -71 3U0 (В)=55.22 -174

Принимаем предварительно:  $3I_{0\text{ср}} = 3800 \text{ А}$ .

Проверка чувствительности 2 ступени ТЗНП при КЗ в конце ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино вблизи ПС 110 кВ Ермолино в минимальном режиме работы электрической сети (размыкание 1-2 сек. 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст):

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ЧУВСТВИНОСТЬ	УСТ	3800	1.98	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 89315	ОТКЛ 0 51115- 511С5 ОТКЛ 0 51125- 511В5	3I0=7512 -71 3U0=34.17 -167
	УСТ	3800	1.88	ВИД-КЗ АВ0 УЗЕЛ-КЗ 89315	ОТКЛ 0 51115- 511С5 ОТКЛ 0 51125- 511В5	3I0=7137 -134 3U0=32.47 130

Чувствительность выше нормативной ( $k_{\text{ч}} > 1,5$ ).

Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ

Лист

83

Ступень используется для автоматического ускорения. Проверка чувствительности 2 ступени ТЗНП при КЗ в конце ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино вблизи ПС 110 кВ Ермолино в минимальном режиме работы электрической сети (размыкание 1-2 сек. 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст) «в каскаде»:

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ	УСТ	3800	2.84	ВИД-КЗ А0 89315-893В5 УЗК=К	ОТКЛ 0 51115-511С5 ОТКЛ 0 51125-511В5	3I0=10789 -73 3U0=32.48 -169
	УСТ	3800	2.39	ВИД-КЗ АВ0 89315-893В5 УЗК=К	ОТКЛ 0 51115-511С5 ОТКЛ 0 51125-511В5	3I0=9101 -134 3U0=27.40 130

Чувствительность достаточна ( $k_{\text{ч}} > 2,0$ ).

Время срабатывания выбираем по согласованию с временем действия 2 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино:

$$t_{\text{сз}} = t_{\text{сз, смеж}} + \Delta t = 2,2 + 0,4 = 2,6 \text{ сек}$$

Уставки срабатывания второй ступени ТЗНП принимаем:

Ток срабатывания ступени:  $3I_{\text{уст}} = 3800$  А первичных (3,8 А вторичных), направление – вперед;

Время срабатывания ступени:  $t_{\text{ср}} = 2,6$  сек;

Время автоматического ускорения 0,1 сек.

### Выбор параметров срабатывания 3 ступени ТЗНП

Уставку по току 3 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 750 кВ Белый Раст выбираем по согласованию с 4 ступенью ТЗНП ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино в максимальном режиме работы электрической сети (отключены ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая, Т-1 ПС 110 кВ Ермолино):

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ (51115-893В5) с 4 СТУПЕНЬЮ 1830 Т=3.00 защита 29991 ТЗНП (89325-893А5) ЭЛ:ВЛ-110 ИКШ А-I-ЕРМОЛИНО ПС:ЕРМОЛИНО 1 10 2СШ	УСТ	1663	1.10	ВИД-КЗ А0 УЗ-КЗ_Х 23115 Защ Б работает Икз>Исз - расчет уст-ки по Кт=0.826	ЭЛ 102 3017	3I0=6600 -69 3U0=13.10 -161 3I0 (Б)=7987 -71 3U0 (Б)=55.22 -174

Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ

Лист

84

Принимаем предварительно:  $3I_{\text{оср}} = 1665 \text{ А}$ .

Степень используется для оперативного ускорения. Проверка чувствительности 2 ступени ТЗНП при КЗ в конце ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино вблизи ПС 110 кВ Ермолино в минимальном режиме работы электрической сети (размыкание 1-2 сек. 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст):

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ЧУВСТВИНОСТЬ	УСТ	1665	4.51	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 89315	ОТКЛ 0 51115-511С5 ОТКЛ 0 51125-511В5	3I0=7512 -71 3U0=34.17 -167
	УСТ	1665	4.29	ВИД-КЗ АВ0 УЗЕЛ-КЗ 89315	ОТКЛ 0 51115-511С5 ОТКЛ 0 51125-511В5	3I0=7137 -134 3U0=32.47 130

Чувствительность достаточна ( $k_q > 2,0$ ).

Время срабатывания выбираем по согласованию с временем действия 4 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино:

$$t_{\text{сз}} = t_{\text{сз, смеж}} + \Delta t = 3,0 + 0,4 = 3,4 \text{ сек}$$

Уставки срабатывания третьей ступени ТЗНП принимаем:

Ток срабатывания ступени:  $3I_{\text{уст}} = 1665 \text{ А}$  первичных (1,67 А вторичных), направление – вперед;

Время срабатывания ступени:  $t_{\text{ср}} = 3,4 \text{ сек}$ ;

Время оперативного ускорения 0,5 сек.

### Выбор параметров срабатывания 4 ступени ТЗНП

Уставку по току 4 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 750 кВ Белый Раст выбираем по согласованию с 5 ступенью ТЗНП ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино в нормальном режиме работы электрической сети:

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ (51115-893В5) с 5 СТУПЕНЬЮ 500 Т=5.60 защита 29991 ТЗНП (89325-893А5) ЭЛ:ВЛ-110 ИКШ А-І-ЕРМОЛИНО ПС:ЕРМОЛИНО 1 10 2СШ	УСТ	347	1.10	ВИД-КЗ А0 УЗ-КЗ_Х 23115 Защ Б работает Икз>Ісз - расчет уст-ки по Кт=0.632		3I0=4337 -70 3U0=22.72 -166 3I0 (Б)=6865 -74 3U0 (Б)=49.81 -173

Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ

Лист

85



Отстройка от тока небаланса в максимальном нагрузочном режиме.

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
НАГРУЗКА	УСТ	84			КН=1.25 КВРТ=0.90 КНБ=0.10 JH=605	

Отстройка тока срабатывания 4 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 750 кВ Белый Раст от тока небаланса в нулевом проводе ТТ при трехфазном КЗ на стороне НН Т-1(2) ПС 110 кВ Ермолино в расчетном режиме работы электрической сети (отключена ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино, положение РПН Т-1(2) на ПС 110 кВ Ермолино, при котором сопротивление трансформатора минимально,  $k_{\text{пер}} = 1,0$ ).

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ОТСТРОЙКА от ТНБ	УСТ	291	1.25	ВИД-КЗ АВС УЗЕЛ-КЗ 89312	ЭЛ 2999 ИЗМ 1 89315- 89312 R1=1.263 X1=27.43 R0=1.263 X0=27.43	IA=2331 -85

Принимаем предварительно:  $3I_{0\text{ср}} = 400 \text{ А}$ .

Обеспечение дальнего резервирования при КЗ на землю на ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино у шин 110 кВ ПС 110 кВ Икша I «в каскаде»:

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ	УСТ	400	15.49	ВИД-КЗ АО 23115-893А5 УЗК=К		3I0=6198 -67 3U0=11.18 -160
	УСТ	400	12.58	ВИД-КЗ АВ0 23115-893А5 УЗК=К		3I0=5033 -129 3U0=9.08 138

Чувствительность выше нормативной ( $k_q > 1,2$ ).

Время срабатывания выбираем по согласованию с временем действия 5 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино:

$$t_{\text{сз}} = t_{\text{сз,смеж}} + \Delta t = 5,6 + 0,4 = 6,0 \text{ сек}$$

Уставки срабатывания пятой ступени ТЗНП принимаем:

Ток срабатывания ступени:  $3I_{0\text{уст}} = 400 \text{ А}$  первичных (0,4 А вторичных), направление – вперед;

Время срабатывания ступени:  $t_{\text{ср}} = 6,0 \text{ сек}$ .

Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № подл.								
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		

Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ

Лист 86

### 3.2.4 Расчет параметров токовой защиты нулевой последовательности ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино

#### Выбор параметров срабатывания ТЗНП ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино

В данном разделе выполнен ориентировочный расчет параметров срабатывания токовой защиты нулевой последовательности (далее – ТЗНП) реализованной во вновь вводимом МП терминале ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино.

При расчетах принято: коэффициент отстройки  $1,25 \div 1,3$ , коэффициент согласования 1.1. Согласование защит производится при КЗ в точке или при КЗ на смежной линии при токе на грани срабатывания защиты этой линии.

Для уменьшения объема пояснительной записки при расчете представлены только определяющие расчетные условия, при определяющем виде КЗ.

#### **Выбор параметров срабатывания 1 ступени ТЗНП**

Ток срабатывания 1 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино выбираем по отстройке от тока при КЗ на землю на I СШ 110 кВ ПС 110 кВ Икша I в максимальном режиме работы электрической сети (отключены ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая, Т-1 ПС 110 кВ Икша I).

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ОТСТРОЙКА	УСТ	11305	1.30	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 23115	ЭЛ 102 2065	3I0=8696 -72 3U0=51.23 -174
	УСТ	9164	1.30	ВИД-КЗ ВС0 УЗЕЛ-КЗ 23115	ЭЛ 102 2065	3I0=7049 106 3U0=41.52 5

Уставку по току 1 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино выбираем по отстройке от тока при КЗ на землю на 1 сек. 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст при каскадном отключении повреждения на ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая в максимальном режиме работы электрической сети (отключены ВЛ 110 кВ Икша I – Комсомольская, Т-1 ПС 110 кВ Икша I).

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ОТСТРОЙКА	УСТ	7152	1.30	ВИД-КЗ А0 1 51115-60005 УЗК=К	ЭЛ 109 2065	3I0=5502 -71 3U0=33.32 -173
	УСТ	5525	1.30	ВИД-КЗ ВС0 1 51115-60005 УЗК=К	ЭЛ 109 2065	3I0=4250 106 3U0=25.74 5

Принимаем предварительно:  $3I_{0\text{ср}} = 11305 \text{ А}$ .

Проверка чувствительности ступени при КЗ в начале защищаемой ЛЭП:

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ	УСТ	11305	1.25	ВИД-КЗ А0 89325-893А5,0.010		3I0=14110 -75 3U0=86.23 -177
	УСТ	11305	1.15	ВИД-КЗ АВ0 89325-893А5,0.010		3I0=12979 -137 3U0=79.32 121

Чувствительность достаточна.

Уставки срабатывания первой ступени ТЗНП принимаем:

Ток срабатывания ступени:  $3I_{0\text{уст}} = 11305 \text{ А}$  первичных (14,13 А вторичных),  
направление – вперед;

Время срабатывания ступени:  $t_{\text{ср}} = 0 \text{ сек}$ .

### Выбор параметров срабатывания 2 ступени ТЗНП

Уставку по току 2 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино выбираем по согласованию с 1 ступенью ТЗНП ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая со стороны ПС 110 кВ Икша I при каскадном отключении повреждения в максимальном режиме работы электрической сети (отключены ВЛ 110 кВ Икша I – Комсомольская, Т-1 ПС 110 кВ Икша I):

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 1 СТУПЕНЬЮ 7500 Т=0.50 защита 1022 ТЗНП (1 23115- 60005) ЭЛ:ВЛ-110 ИКШ А-Б.РАСТ_1 ПС:ИКША-I 110 1СШ	УСТ	8250	1.10	ВИД-КЗ А0 ВЕЕР 102/23115 1 51115-60005,0.880 (Lотн_лин=0.263)	ОТКЛ 1 *51115-60005 ЭЛ 109 2065	3I0=7500 -71 3U0=44.04 -173 3I0 (Б)=7500 -71 3U0 (Б)=93.15 -177

Уставку по току 2 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино выбираем по согласованию с 1 ступенью ТЗНП ВЛ 110 кВ Икша I – Комсомольская со стороны ПС 110 кВ Икша I в максимальном режиме работы электрической сети (отключены ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая, Т-1 ПС 110 кВ Икша I):

Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ

Лист

88

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 1 СТУПЕНЬЮ 6500 Т=0.10 защита 1091 ТЗНП (23115-23025) ЭЛ:ВЛ-110 ИКШ А I-КОМСОМОЛЬ СКАЯ ПС:ИКША-I 110 1СШ	УСТ	7149	1.10	ВИД-КЗ А0 ВБЕР 109/23115 23025-23115,0.729 (Лотн_лин=0.271)	ЭЛ 102 2065	3I0=6499 -71 3U0=38.56 -173 3I0(Б)=6499 -71 3U0(Б)=81.11 -177

Принимаем предварительно:  $3I_{0cp} = 7150$  А.

Проверка чувствительности 2 ступени ТЗНП при КЗ в конце ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино у I СШ 110 кВ ПС 110 кВ Икша I в минимальном режиме работы электрической сети (размыкание 1-2 сек. 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст, отключен Т-1 ПС 110 кВ Ермолино):

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ЧУВСТВИНОСТЬ	УСТ	7150	0.74	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 23115	ЭЛ 3017 ОТКЛ 0 51115- 511С5 ОТКЛ 0 51125- 511В5	3I0=5274 -74 3U0=60.04 -174
	УСТ	7150	0.65	ВИД-КЗ АВ0 УЗЕЛ-КЗ 23115	ЭЛ 3017 ОТКЛ 0 51115- 511С5 ОТКЛ 0 51125- 511В5	3I0=4632 -136 3U0=52.73 125

Чувствительность ниже нормативной ( $k_q < 1,3$ ).

Проверка чувствительности 2 ступени ТЗНП при КЗ в конце ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино у I СШ 110 кВ ПС 110 кВ Икша I в нормальном режиме работы электрической сети:

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ЧУВСТВИНОСТЬ	УСТ	7150	0.96	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 23115		3I0=6861 -74 3U0=49.83 -174
	УСТ	7150	0.84	ВИД-КЗ АВ0 УЗЕЛ-КЗ 23115		3I0=6014 -135 3U0=43.68 125

Чувствительность ниже нормативной ( $k_q < 1,3$ ).

Уставку по току 2 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино выбираем по согласованию с 2 ступенью ТЗНП ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая со стороны ПС 110 кВ Икша I при каскадном отключении повреждения в максимальном режиме работы электрической сети (отключены ВЛ 110 кВ Икша I – Комсомольская, Т-1 ПС 110 кВ Икша I):

Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ

Лист

89

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 2 СТУПЕНЬЮ 2600 Т=1.70 защита 1022 ТЗНП (1 23115- 60005) ЭЛ:ВЛ-110 ИКШ А-Б.РАСТ_1 ПС:ИКША-I 110 1СШ	УСТ	2860	1.10	ВИД-КЗ А0 1 51115-60005 УЗК=Р2 УЗ-КЗ_Р Р2 Защ Б работает Ikз>Iсз - расчет уст-ки по Kт=1.000	ЭЛ 109 2065	3I0=5502 -71 3U0=33.32 -173 3I0 (Б)=5502 -71 3U0 (Б)=69.34 -177

Уставку по току 2 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино выбираем по согласованию с 2 ступенью ТЗНП ВЛ 110 кВ Икша I – Комсомольская со стороны ПС 110 кВ Икша I в максимальном режиме работы электрической сети (отключены ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая, Т-1 ПС 110 кВ Икша I):

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 2 СТУПЕНЬЮ 3780 Т=0.90 защита 1091 ТЗНП (23115-23025) ЭЛ:ВЛ-110 ИКШ А I-КОМСОМОЛЬ СКАЯ ПС:ИКША-I 110 1СШ	УСТ	4158	1.10	ВИД-КЗ А0 ВЕРР 109/23115 23025-23115,0.094 (Лотн_лин=0.906)	ЭЛ 102 2065	3I0=3780 -71 3U0=23.26 -172 3I0 (Б)=3780 -71 3U0 (Б)=47.98 -176

Принимаем предварительно:  $3I_{0cp} = 4160$  А.

Проверка чувствительности 2 ступени ТЗНП при КЗ в конце ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино у I СШ 110 кВ ПС 110 кВ Икша I в минимальном режиме работы электрической сети (размыкание 1-2 сек. 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст, отключен Т-1 ПС 110 кВ Ермолино):

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ	УСТ	4160	1.27	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 23115	ЭЛ 3017 ОТКЛ 0 51115- 511С5 ОТКЛ 0 51125- 511В5	3I0=5274 -74 3U0=60.04 -174
	УСТ	4160	1.11	ВИД-КЗ АВ0 УЗЕЛ-КЗ 23115	ЭЛ 3017 ОТКЛ 0 51115- 511С5 ОТКЛ 0 51125- 511В5	3I0=4632 -136 3U0=52.73 125

Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ

Лист

90

Чувствительность ниже нормативной ( $k_q < 1,3$ ).

Проверка чувствительности 2 ступени ТЗНП при КЗ в конце ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино у I СШ 110 кВ ПС 110 кВ Икша I в нормальном режиме работы электрической сети:

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ЧУВСТВИНОСТЬ	УСТ	4160	1.65	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 23115		3I0=6861 -74 3U0=49.83 -174
	УСТ	4160	1.45	ВИД-КЗ АВ0 УЗЕЛ-КЗ 23115		3I0=6014 -135 3U0=43.68 125

Чувствительность выше нормативной ( $k_q > 1,3$ ).

Проверка чувствительности 2 ступени ТЗНП при КЗ в конце ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино у I СШ 110 кВ ПС 110 кВ Икша I в минимальном режиме работы электрической сети (размыкание 1-2 сек. 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст, отключен Т-1 ПС 110 кВ Ермолино) «в каскаде»:

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ЧУВСТВИНОСТЬ	УСТ	4160	1.80	ВИД-КЗ А0 23115-893А5 УЗК=К	ЭЛ 3017 ОТКЛ 0 51115- 511С5 ОТКЛ 0 51125- 511В5	3I0=7499 -72 3U0=57.71 -174
	УСТ	4160	1.47	ВИД-КЗ АВ0 23115-893А5 УЗК=К	ЭЛ 3017 ОТКЛ 0 51115- 511С5 ОТКЛ 0 51125- 511В5	3I0=6140 -134 3U0=47.25 124

Чувствительность выше нормативной ( $k_q \geq 1,3$ ).

Расчет времени срабатывания 2 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино:

1)  $t_{сз} = t_{сз,смеж} + \Delta t = 1,7 + 0,5 = 2,2$  сек – согласование с временем срабатывания 2 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая со стороны ПС 110 кВ Икша I;

2)  $t_{сз} = t_{сз,смеж} + \Delta t = 0,9 + 0,5 = 1,4$  сек – согласование с временем срабатывания 2 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Икша I – Комсомольская со стороны ПС 110 кВ Икша I.

Уставки срабатывания второй ступени ТЗНП принимаем:

Ток срабатывания ступени:  $3I_{0уст} = 4160$  А первичных (5,2 А вторичных), направление – вперед;

Время срабатывания ступени:  $t_{ср} = 2,2$  сек.

Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ

Лист

91

### Выбор параметров срабатывания 3 ступени ТЗНП

Третья ступень защиты используется для оперативного и автоматического ускорений. Уставка по току выбирается по чувствительности к КЗ на землю в конце защищаемой ЛЭП у I СШ 110 кВ ПС 110 кВ Икша I в минимальном режиме работы электрической сети.

Обеспечение чувствительности 3 ступени ТЗНП при КЗ в конце ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино у I СШ 110 кВ ПС 110 кВ Икша I в минимальном режиме работы электрической сети (размыкание 1-2 сек. 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст, отключен Т-1 ПС 110 кВ Ермолино):

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ЧУВСТВИНОСТЬ	УСТ	2000	2.64	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 23115	ЭЛ 3017 ОТКЛ 0 51115-511С5 ОТКЛ 0 51125-511В5	3I0=5274 -74 3U0=60.04 -174
	УСТ	2000	2.32	ВИД-КЗ АВ0 УЗЕЛ-КЗ 23115	ЭЛ 3017 ОТКЛ 0 51115-511С5 ОТКЛ 0 51125-511В5	3I0=4632 -136 3U0=52.73 125

Обеспечение чувствительности 3 ступени ТЗНП при КЗ в конце ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино у I СШ 110 кВ ПС 110 кВ Икша I в минимальном режиме работы электрической сети (размыкание 1-2 сек. 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст, отключен Т-1 ПС 110 кВ Ермолино) «в каскаде»:

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ЧУВСТВИНОСТЬ	УСТ	2000	3.75	ВИД-КЗ А0 23115-893А5 УЗК=К	ЭЛ 3017 ОТКЛ 0 51115-511С5 ОТКЛ 0 51125-511В5	3I0=7499 -72 3U0=57.71 -174
	УСТ	2000	3.07	ВИД-КЗ АВ0 23115-893А5 УЗК=К	ЭЛ 3017 ОТКЛ 0 51115-511С5 ОТКЛ 0 51125-511В5	3I0=6140 -134 3U0=47.25 124

#### Уставки срабатывания третьей ступени ТЗНП принимаем:

Ток срабатывания ступени:  $3I_{0уст} = 2000$  А первичных (2,5 А вторичных);

Время оперативного ускорения 0,5 сек.

Время автоматического ускорения 0,1 сек.

### Выбор параметров срабатывания 4 ступени ТЗНП

Уставку по току 4 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ

Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ

Лист

92

Ермолино выбираем по согласованию с 3 ступенью ТЗНП ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая со стороны ПС 110 кВ Икша I при каскадном отключении повреждения в максимальном режиме работы электрической сети (отключены ВЛ 110 кВ Икша I – Комсомольская, Т-1 ПС 110 кВ Икша I):

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 3 СТУПЕНЬЮ 1300 Т=2.50 защита 1022 ТЗНП (1 23115- 60005) ЭЛ:ВЛ-110 ИКШ А-Б.РАСТ_1 ПС:ИКША-I 110 1СШ	УСТ	1430	1.10	ВИД-КЗ А0 1 51115-60005 УЗК=Р2 УЗ-КЗ_Р Р2 Защ Б работает Икз>Исз - расчет уст-ки по Кт=1.000	ЭЛ 109 2065	3I0=5502 -71 3U0=33.32 -173 3I0 (Б)=5502 -71 3U0 (Б)=69.34 -177

Уставку по току 4 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино выбираем по согласованию с 3 ступенью ТЗНП ВЛ 110 кВ Икша I – Комсомольская со стороны ПС 110 кВ Икша I в максимальном режиме работы электрической сети (отключены ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая, Т-1 ПС 110 кВ Икша I):

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 3 СТУПЕНЬЮ 1660 Т=1.40 защита 1091 ТЗНП (23115-23025) ЭЛ:ВЛ-110 ИКШ А I-КОМСОМОЛЬ СКАЯ ПС:ИКША-I 110 1СШ	УСТ	1826	1.10	ВИД-КЗ А0 УЗ-КЗ_Х 23025 Защ Б работает Икз>Исз - расчет уст-ки по Кт=1.000	ЭЛ 102 2065	3I0=3487 -71 3U0=21.70 -171 3I0 (Б)=3487 -71 3U0 (Б)=44.49 -175

Принимаем предварительно:  $3I_{0cp} = 1830 \text{ А}$ .

Проверка чувствительности 4 ступени ТЗНП при КЗ в конце ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино у I СШ 110 кВ ПС 110 кВ Икша I в минимальном режиме работы электрической сети (размыкание 1-2 сек. 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст, отключен Т-1 ПС 110 кВ Ермолино):

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ЧУВСТВИНОСТЬ	УСТ	1830	2.88	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 23115	ЭЛ 3017 ОТКЛ 0 51115- 511С5 ОТКЛ 0 51125- 511В5	3I0=5274 -74 3U0=60.04 -174

Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ

Лист

93



Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
	УСТ	1830	2.53	ВИД-КЗ АВ0 УЗЕЛ-КЗ 23115	ЭЛ 3017 ОТКЛ 0 51115- 511С5 ОТКЛ 0 51125- 511В5	3I0=4632 -136 3U0=52.73 125

Чувствительность выше нормативной ( $k_q > 1,5$ ).

Расчет времени срабатывания 4 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино:

1)  $t_{сз} = t_{сз,смеж} + \Delta t = 2,5 + 0,5 = 3,0$  сек – согласование с временем срабатывания 3 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая со стороны ПС 110 кВ Икша I;

2)  $t_{сз} = t_{сз,смеж} + \Delta t = 1,4 + 0,5 = 1,9$  сек – согласование с временем срабатывания 3 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Икша I – Комсомольская со стороны ПС 110 кВ Икша I.

Уставки срабатывания четвертой ступени ТЗНП принимаем:

Ток срабатывания ступени:  $3I_{уст} = 1830$  А первичных (2,29 А вторичных), направление – вперед;

Время срабатывания ступени:  $t_{ср} = 3,0$  сек.

### Выбор параметров срабатывания 5 ступени ТЗНП

Отстройка от тока небаланса в максимальном нагрузочном режиме.

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
НАГРУЗКА	УСТ	84			КН=1.25 КВРТ=0.90 КНБ=0.10 JH=605	

Ток срабатывания 5 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино выбираем по условию обеспечения дальнего резервирования защит смежных элементов в каскадном режиме. Принимаем предварительно:  $3I_{осз} = 500$  А, направленность – вперед.

Обеспечение дальнего резервирования при КЗ на землю на ВЛ 110 кВ Икша I – Комсомольская у шин 110 кВ ПС 110 кВ Комсомольская «в каскаде»:

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ЧУВСТВИНОСТЬ	УСТ	500	4.30	ВИД-КЗ А0 23025-23115 УЗК=К		3I0=2149 -71 3U0=15.53 -170
	УСТ	500	3.22	ВИД-КЗ АВ0 23025-23115 УЗК=К		3I0=1608 -133 3U0=11.62 128

Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ

Лист

94

Обеспечение дальнего резервирования при КЗ на землю на ВЛ 110 кВ Икша – Белый  
цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая у шин 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст «в каскаде»:

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ЧУВСТВИНОСТЬ	УСТ	500	8.92	ВИД-КЗ А0 1 51115-60005 УЗК=К		3I0=4462 -71 3U0=27.89 -172
	УСТ	500	6.89	ВИД-КЗ АВ0 1 51115-60005 УЗК=К		3I0=3444 -133 3U0=21.52 126

Расчет времени срабатывания 5 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны  
ПС 110 кВ Ермолино:

2)  $t_{сз} = t_{сз, смеж} + \Delta t = 3,2 + 0,5 = 3,7$  сек – согласование с временем срабатывания 4 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Икша I – Комсомольская со стороны ПС 110 кВ Икша I.

Ток срабатывания ступени:  $3I_{\text{уст}} = 500 \text{ А}$  первичных (0,63 А вторичных), направление – вперед;

Время срабатывания ступени:  $t_{ср} = 5,6$  сек.

**Выбор параметров срабатывания ТЗНП ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны**  
**ПС 110 кВ Икша I**

В данном разделе выполнен ориентировочный расчет параметров срабатывания токовой защиты нулевой последовательности (далее – ТЗНП) ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Икша I. В качестве токовой защиты нулевой последовательности ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Икша I используется электромеханическая панель типа ЭПЗ-1636.

Выбор параметров срабатывания ТЗНП выполнен в соответствии с Руководящими указаниями по релейной защите выпуск 12 «Токовая защита нулевой последовательности от замыканий на землю линий 110-500 кВ. Расчеты». При расчетах принято: коэффициент отстройки 1,25÷1,3, коэффициент согласования 1.1. Согласование защит производится при КЗ в

						Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ	Лист
							95
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		

точке или при КЗ на смежной линии при токе на грани срабатывания защиты этой линии. Всего задействованы 4 ступени токовой защиты нулевой последовательности, третья ступень ТЗНП используется для оперативного и автоматического ускорений.

Для уменьшения объема пояснительной записки при расчете представлены только определяющие расчетные условия, при определяющем виде КЗ.

### Выбор параметров срабатывания 1 ступени ТЗНП

Ток срабатывания 1 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Икша I выбираем по отстройке от тока при КЗ на землю на ПС 110 кВ Ермолино в максимальном режиме работы электрической сети (отключен Т-1 ПС 110 кВ Ермолино).

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ОТСТРОЙКА	УСТ	7724	1.30	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 89325	ЭЛ 3017	3I0=5941 -74 3U0=54.14 -174
	УСТ	6842	1.30	ВИД-КЗ ВС0 УЗЕЛ-КЗ 89325	ЭЛ 3017	3I0=5263 105 3U0=47.96 4

Принимаем предварительно:  $3I_{0cp} = 7730$  А.

Проверка чувствительности ступени при КЗ в начале защищаемой ЛЭП:

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ	УСТ	7730	1.63	ВИД-КЗ А0 23115-893А5,0.010		3I0=12568 -75 3U0=94.35 -178
	УСТ	7730	1.43	ВИД-КЗ АВ0 23115-893А5,0.010		3I0=11018 -137 3U0=82.71 121

Чувствительность достаточна.

Уставки срабатывания первой ступени ТЗНП принимаем:

Ток срабатывания ступени:  $3I_{0уст} = 7730$  А первичных, направление – вперед;

Время срабатывания ступени:  $t_{cp} = 0$  сек.

### Выбор параметров срабатывания 2 ступени ТЗНП

Уставку по току 2 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Икша I выбираем по согласованию с 1 ступенью ТЗНП ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино в максимальном режиме работы электрической сети (отключен Т-1 ПС 110 кВ Ермолино):

Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ

Лист

96

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ (23115-893A5) с 1 СТУПЕНЬЮ 5000 Т=0.00 защита 1041 ТЗНП (89315-893B5) ЭЛ:ВЛ-110 В.Р АСТ-ЕРМОЛИНО ПС:ЕРМОЛИНО 1 10 1СШ	УСТ	3640	1.10	ВИД-КЗ А0 ВЕРР 104/89315 51115-893B5,0.700 (Лотн_лин=0.571)	ЭЛ 3017	3I0=3310 -74 3U0=44.91 -173 3I0(B)=5000 -78 3U0(B)=66.44 -176

Принимаем предварительно:  $3I_{0cp} = 3640$  А.

Проверка чувствительности 2 ступени ТЗНП при КЗ в конце ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино вблизи ПС 110 кВ Ермолино в минимальном режиме работы электрической сети (отключены ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая, Т-1 ПС 110 кВ Икша I):

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ЧУВСТВИНОСТЬ	УСТ	3640	0.66	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 89325	ЭЛ 102 2065	3I0=2403 -71 3U0=74.32 -176
	УСТ	3640	0.59	ВИД-КЗ АВ0 УЗЕЛ-КЗ 89325	ЭЛ 102 2065	3I0=2166 -133 3U0=66.99 122

Чувствительность ниже нормативной ( $k_q < 1,3$ ).

Проверка чувствительности 2 ступени ТЗНП при КЗ в конце ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино вблизи ПС 110 кВ Ермолино в нормальном режиме работы электрической сети:

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ЧУВСТВИНОСТЬ	УСТ	3640	1.52	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 89325		3I0=5543 -73 3U0=50.45 -173
	УСТ	3640	1.40	ВИД-КЗ АВ0 УЗЕЛ-КЗ 89325		3I0=5105 -135 3U0=46.46 125

Чувствительность выше нормативной ( $k_q > 1,3$ ).

Время срабатывания выбираем по согласованию с временем действия 1 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино, с учетом времени срабатывания УРОВ на ПС 110 кВ Ермолино:

$$t_{сз} = t_{сз,смеж} + t_{уров} + \Delta t = 0 + 0,3 + 0,5 = 0,8 \text{ сек}$$

Уставки срабатывания второй ступени ТЗНП принимаем:

Ток срабатывания ступени:  $3I_{0уст} = 3640$  А первичных, направление – вперед;

Время срабатывания ступени:  $t_{ср} = 0,8$  сек.

Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ

### Выбор параметров срабатывания 3 степени ТЗНП

Уставку по току 3 степени ТЗНП ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Икша I выбираем по согласованию с 2 ступенью ТЗНП ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино в максимальном режиме работы электрической сети (отключен Т-1 ПС 110 кВ Ермолино):

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ (23115-893А5) с 2 СТУПЕНЬЮ 2035 Т=2.30 защита 1041 ТЗНП (89315-893В5) ЭЛ:ВЛ-110 В.Р АСТ-ЕРМОЛИНО ПС:ЕРМОЛИНО 1 10 1СШ	УСТ	795	1.10	ВИД-КЗ А0 УЗ-КЗ Х 51115 Защ В работает Икз>Исз - расчет уст-ки по Кт=0.355	ЭЛ 3017	3I0=696 -62 3U0=45.60 -173 3I0(В)=1962 -74 3U0(В)=50.17 -173

Принимаем предварительно:  $3I_{0cp} = 800$  А.

Ступень используется для автоматического и оперативного ускорений. Проверка чувствительности 2 степени ТЗНП при КЗ в конце ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино вблизи ПС 110 кВ Ермолино в минимальном режиме работы электрической сети (отключены ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая, Т-1 ПС 110 кВ Икша I):

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ЧУВСТВИНОСТЬ	УСТ	800	3.00	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 89325	ЭЛ 102 2065	3I0=2403 -71 3U0=74.32 -176
	УСТ	800	2.71	ВИД-КЗ АВ0 УЗЕЛ-КЗ 89325	ЭЛ 102 2065	3I0=2166 -133 3U0=66.99 122

Чувствительность достаточна ( $k_q > 2,0$ ).

Проверка чувствительности 2 степени ТЗНП при КЗ в конце ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино вблизи ПС 110 кВ Ермолино в минимальном режиме работы электрической сети (отключены ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая, Т-1 ПС 110 кВ Икша I) «в каскаде»:

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ЧУВСТВИНОСТЬ	УСТ	800	4.24	ВИД-КЗ А0 89325-893А5 УЗК=К	ЭЛ 102 2065	3I0=3388 -70 3U0=101.49 -176
	УСТ	800	3.14	ВИД-КЗ АВ0 89325-893А5 УЗК=К	ЭЛ 102 2065	3I0=2514 -133 3U0=75.31 122

Чувствительность достаточна ( $k_q > 2,0$ ).

Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ

Время срабатывания выбираем по согласованию с временем действия 2 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино:

$$t_{сз} = t_{сз, смеж} + \Delta t = 2,3 + 0,5 = 2,8 \text{ сек}$$

Уставки срабатывания третьей ступени ТЗНП принимаем:

Ток срабатывания ступени:  $3I_{0уст} = 800 \text{ А}$  первичных, направление – вперед;

Время срабатывания ступени:  $t_{ср} = 2,8 \text{ сек.}$

Время оперативного ускорения 0,5 сек.

Время автоматического ускорения 0,1 сек.

### Выбор параметров срабатывания 4 ступени ТЗНП

Уставку по току 4 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Икша I выбираем по согласованию с 4 ступенью ТЗНП ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино в максимальном режиме работы электрической сети (отключен Т-1 ПС 110 кВ Ермолино):

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
СОГЛАСОВАНИЕ (23115-893А5) с 4 СТУПЕНЬЮ 930 Т=4.90 защита 1041 ТЗНП (89315-893В5) ЭЛ:ВЛ-110 В.Р АСТ-ЕРМОЛИНО ПС:ЕРМОЛИНО 1 10 1СШ	УСТ	363	1.10	ВИД-КЗ А0 УЗ-КЗ_Х 51115 Защ Б работает Икз>Исз - расчет уст-ки по Кт=0.355	ЭЛ 3017	3I0=697 -62 3U0=45.63 -172 3I0(Б)=1964 -73 3U0(Б)=50.21 -172

Отстройка от тока небаланса в максимальном нагрузочном режиме.

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
НАГРУЗКА	УСТ	84			КН=1.25 КВРТ=0.90 КНБ=0.10 JH=605	

Отстройка тока срабатывания 4 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Икша I от тока небаланса в нулевом проводе ТТ при трехфазном КЗ на стороне НН Т-1(2) ПС 110 кВ Ермолино в расчетном режиме работы электрической сети (отключена ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино, положение РПН Т-1(2) на ПС 110 кВ Ермолино, при котором сопротивление трансформатора минимально,  $k_{пер} = 1,0$ ).

Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ

Лист

99

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ОТСТРОЙКА от ТНБ	УСТ	278	1.25	ВИД-КЗ АВС УЗЕЛ-КЗ 89312	ЭЛ 104 ИЗМ 1 89315- 89312 R1=1.263 X1=27.43 R0=1.263 X0=27.43	IA=2223 -84

Принимаем предварительно:  $3I_{0cp} = 400$  А.

Обеспечение дальнего резервирования при КЗ на землю на ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино у шин 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст «в каскаде»:

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ЧУВСТВИНОСТЬ	УСТ	400	10.53	ВИД-КЗ А0 51115-893В5 УЗК=К		3I0=4212 -66 3U0=30.34 -169
	УСТ	400	8.72	ВИД-КЗ АВ0 51115-893В5 УЗК=К		3I0=3489 -128 3U0=25.13 128

Чувствительность выше нормативной ( $k_q > 1,2$ ).

Время срабатывания выбираем по согласованию с временем действия 4 ступени ТЗНП ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино:

$$t_{сз} = t_{сз, смеж} + \Delta t = 4,9 + 0,5 = 5,4 \text{ сек}$$

Уставки срабатывания четвертой ступени ТЗНП принимаем:

Ток срабатывания ступени:  $3I_{0уст} = 400$  А первичных, направление – вперед;

Время срабатывания ступени:  $t_{ср} = 5,4$  сек.

### 3.2.5 Расчет параметров междуфазной токовой отсечки ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Икша I

В данном разделе выполнен ориентировочный расчет параметров срабатывания междуфазной токовой отсечки (далее – МФТО) ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Икша I.

Ток срабатывания МФТО выбирается большим из следующих определяющих условий:

а) отстройка от максимального тока при КЗ вблизи ПС 110 кВ Ермолино в максимальном режиме работы электрической сети (отключена ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст II цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая).

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ОТСТРОЙКА	УСТ	17154	1.20	ВИД-КЗ АВС УЗЕЛ-КЗ 89325	ЭЛ 103	IAВ=14295 -41

Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ

Лист

100

б) отстройка от максимального тока КЗ в месте установки защиты при повреждении на I СШ 110 кВ ПС 110 кВ Икша I (КЗ «за спиной») в максимальном режиме работы электрической сети (отключены ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая, Т-1 ПС 110 кВ Икша I).

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ОТСТРОЙКА	УСТ	21901	1.20	ВИД-КЗ АВС УЗЕЛ-КЗ 23115	ЭЛ 102 2065	IAВ =18251 141

Принимаем предварительно:  $I_{сз,МТО} = 21900 \text{ А}$ ,  $t_{сз,МТО} = 0 \text{ сек.}$

Для МТО без выдержки времени, устанавливаемой на линии и выполняющей функцию дополнительной защиты, коэффициент чувствительности должен быть  $k_q \geq 1,2$  при КЗ в месте установки защиты в наиболее благоприятном по условию чувствительности режиме.

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ	УСТ КСХ РТ	21900 1.73 АВС	1.25	ВИД-КЗ АВС 23115-893А5, 0.010		IB=15811 166 Ip=27385 -164

Чувствительность выше нормативной ( $k_q > 1,2$ ).

Принимаем окончательно:  $I_{сз,МТО} = 21900 \text{ А}$ ,  $t_{сз,МТО} = 0 \text{ сек.}$

**3.2.6 Расчет параметров максимальной токовой защиты ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино, ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино**

**Выбор параметров срабатывания МТЗ ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино**

В данном разделе выполнен ориентировочный расчет максимальной токовой защиты (далее – МТЗ) реализованной во вновь вводимом МП терминале ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино. Максимальная токовая защита нормально выведена и вводится автоматически при срабатывании блокировки при неисправности цепей напряжения.

Ток срабатывания МТЗ выбираем по условию отстройки от максимального рабочего тока линии:

$$I_{сзМТЗ \text{ БНН}} \geq \frac{k_{отс} \cdot k_c}{k_B} \cdot I_{раб.макс} \geq \frac{1,1 \cdot 1,1}{0,95} \cdot 605 \geq 771 \text{ А}$$

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

$k_c = 1,0 - 2,5$  – коэффициент самозапуска электродвигателей (принимаем 1,1);

Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ

Лист

101



$k_b = 0,95$  – коэффициент возврата;

$I_{\text{раб.макс}} = 605 \text{ А}$  – максимальный рабочий ток по рассматриваемой ЛЭП.

Принимаем предварительно:  $I_{\text{сзМТЗ БНН}} = 800 \text{ А}$ .

Эффективность функционирования МТЗ ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино:

$$k_{\text{ч}} \geq \frac{I_{\text{КЗ.мин}}}{I_{\text{сзМТЗ БНН}}} \geq \frac{1246}{800} = 1,55 \geq 1,5$$

где  $I_{\text{КЗ.мин}} = 1246 \text{ А}$  – ток через защиту при двухфазном КЗ у 1 сек. 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст в минимальном режиме работы электрической сети (отключен Т-1 ПС 110 кВ Икша I).

Время срабатывания МТЗ выберем по согласованию с временем действия быстродействующих защит и УРОВ:

$$t_{\text{сзМТЗ БНН}} = t_{\text{сз ДФЗ}} + t_{\text{УРОВ}} + \Delta t = 0,03 + 0,3 + 0,5 = 0,83 \text{ сек}$$

Принимаем окончательно:  $I_{\text{сзМТЗ БНН}} = 800 \text{ А}$  первичных (1,0 А вторичных),  $t_{\text{сзМТЗ БНН}} = 0,9 \text{ сек}$ . Защита нормально выведена, вводится автоматически при срабатывании блокировки при неисправности цепей напряжения.

### **Выбор параметров срабатывания МТЗ ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино**

В данном разделе выполнен ориентировочный расчет максимальной токовой защиты (далее – МТЗ) реализованной во вновь вводимом МП терминале ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино. Максимальная токовая защита нормально выведена и вводится автоматически при срабатывании блокировки при неисправности цепей напряжения.

Ток срабатывания МТЗ выбираем по условию отстройки от максимального рабочего тока линии:

$$I_{\text{сзМТЗ БНН}} \geq \frac{k_{\text{отс}} \cdot k_{\text{с}}}{k_{\text{в}}} \cdot I_{\text{раб.макс}} \geq \frac{1,1 \cdot 1,1}{0,95} \cdot 605 \geq 771 \text{ А}$$

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

$k_{\text{с}} = 1,0 - 2,5$  – коэффициент самозапуска электродвигателей (принимаем 1,1);

$k_{\text{в}} = 0,95$  – коэффициент возврата;

$I_{\text{раб.макс}} = 605 \text{ А}$  – максимальный рабочий ток по рассматриваемой ЛЭП.

Принимаем предварительно:  $I_{\text{сзМТЗ БНН}} = 800 \text{ А}$ .

Эффективность функционирования МТЗ ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино:

Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ

Лист

102

$$k_{\text{ч}} \geq \frac{I_{\text{КЗ.мин}}}{I_{\text{сзМТЗ БНН}}} \geq \frac{4170}{800} = 5,21 \geq 1,5$$

где  $I_{\text{КЗ.мин}} = 4170 \text{ А}$  – ток через защиту при двухфазном КЗ у I СШ 110 кВ ПС 110 кВ Икша I в минимальном режиме работы электрической сети (размыкание 1-2 сек. 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст).

Время срабатывания МТЗ выберем по согласованию с временем действия быстродействующих защит и УРОВ:

$$t_{\text{сзМТЗ БНН}} = t_{\text{сз ДФЗ}} + t_{\text{УРОВ}} + \Delta t = 0,08 + 0,5 + 0,5 = 1,08 \text{ сек}$$

Принимаем окончательно:  $I_{\text{сзМТЗ БНН}} = 800 \text{ А}$  первичных (1,0 А вторичных),  $t_{\text{сзМТЗ БНН}} = 1,1 \text{ сек}$ . Защита нормально выведена, вводится автоматически при срабатывании блокировки при неисправности цепей напряжения.

### 3.3 Расчет параметров автоматического повторного включения ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино, ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино

#### 3.3.1 Расчет параметров автоматического повторного включения ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино

Для опробования ЛЭП напряжением в цикле АПВ принимаем выключатель ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 750 кВ Белый Раст. Режим АПВ ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 750 кВ Белый Раст остается без изменений, со стороны ПС 110 кВ Ермолино принимаем режим АПВ – без контролей.

**Расчет выдержки времени ТАПВ выключателя ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 750 кВ Белый Раст, включаемого для опробования ЛЭП напряжением**

$$t_{\text{ТАПВ (1В)}} = t_{\text{защ (2В)}} - t_{\text{защ (1В)}} - t_{\text{откл(1В)}} + t_{\text{дс}} - t_{\text{в(1В)}} + t_{\text{зап1}} = \\ = 4,9 - 0,03 - 0,04 + 0,2 - 0,04 + 0,2 = 5,19 \text{ сек}$$

$t_{\text{защ (2В)}} = 4,9 \text{ с}$  – наибольшая выдержка времени ступени релейной защиты ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино, обеспечивающая чувствительность к КЗ вблизи шин 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст;

$t_{\text{защ (1В)}} = 0,03 \text{ с}$  – выдержка времени основных защит ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино;

$t_{\text{откл(1В)}} = 0,04 \text{ с}$  – время отключения выключателя ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 750 кВ Белый Раст;

$t_{\text{дс}} = 0,2 \text{ с}$  – время погасания дуги и деионизации среды после отключения КЗ со всех

Взам. инв. №	$t_{\text{заш}}(2В) = 4,9 \text{ с}$ – наибольшая выдержка времени ступени релейной защиты ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино, обеспечивающая чувствительность к КЗ вблизи шин 110 кВ ПС 750 кВ Белый Раст;							
	$t_{\text{заш}}(1В) = 0,03 \text{ с}$ – выдержка времени основных защит ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино;							
Подп. и дата	$t_{\text{откл}}(1В) = 0,04 \text{ с}$ – время отключения выключателя ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 750 кВ Белый Раст;							
	$t_{\text{дс}} = 0,2 \text{ с}$ – время погасания дуги и деионизации среды после отключения КЗ со всех							
Инв. № подл.							Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ	Лист
								103
	Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		

сторон ЛЭП 110 кВ, 220 кВ;

$t_{в(1В)} = 0,04 \text{ с}$  – время включения выключателя ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 750 кВ Белый Раст;

$t_{зап1} = 0,2 \text{ с}$  – время запаса, если все устройства РЗА, выдержки времени которых учитываются при расчете, выполнены на микроэлектронной или микропроцессорной элементной базе.

Принимаем:  $t_{ТАПВ (1В)} = 5,5 \text{ сек}$  (вместо 4,5 сек).

**Расчет выдержки времени ТАПВ выключателя ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино со стороны ПС 110 кВ Ермолино, включаемого для замыкания ЛЭП в транзит и последующей полной сборки схемы ЛЭП**

Выдержка времени ТАПВ без контролей определяется по следующей формуле:

$$t_{ТАПВ (2В,Q13G)} = t_{ТАПВ (1В)} + \Delta t = 5,5 + 0,42 = 5,92 \text{ с}$$

$$\Delta t = t_{в(1В)} + t_{усз(1В)} + t_{откл(1В)} + t_{зап2} = 0,03 + 0,1 + 0,04 + 0,2 = 0,42 \text{ с}$$

где  $t_{усз(1В)}$  – выдержка времени защиты, действующей на отключение выключателя 1В с учетом действия ее автоматического ускорения;

$t_{зап2} = 0,2 \text{ с}$  – время запаса.

Принимаем:  $t_{ТАПВ (2В,Q13G)} = 6,0 \text{ с}$ .

$$t_{ТАПВ (2В,Q12G)} = t_{ТАПВ (2В,Q13G)} + \Delta t = 6,0 + 0,42 = 6,42 \text{ с}$$

Принимаем:  $t_{ТАПВ (2В,Q12G)} = 6,5 \text{ с}$ .

Уставки по результатам расчета АПВ ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино

Наименование ЛЭП	Место установки АПВ	Время срабатывания	РежимАПВ	Примечание
ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино	ПС 750 кВ Белый Раст	5,5 с	без контролей	Запрещается при работе ДЗШ 110 кВ в составе комплекта РЗ 110 кВ (ДЗШ 110 кВ, ДЗО стороны 110 кВ АТ-4, ДЗО стороны 110 кВ АТ-5) (без изменений)
	ПС 110 кВ Ермолино (Q13G)	6,0 с	без контролей	
	ПС 110 кВ Ермолино (Q12G)	6,5 с		

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



$t_{\text{зап2}} = 0,5 \text{ с}$  – время запаса.

Существующая уставка АВП со стороны ПС 110 кВ Икша I (5,5 сек) удовлетворяет требованиям  $\Delta t_{\text{сущ}} > 0,72 \text{ сек}$ :  $t_{\text{ТАПВ (2В)}} = t_{\text{ТАПВ (1В, Q11G)}} + \Delta t = 4,5 + 0,72 = 5,22 \text{ с}$ .

Принимаем:  $t_{\text{ТАПВ (2В)}} = 5,5 \text{ с}$ .

Уставки по результатам расчета АПВ ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино

Наименование ЛЭП	Место установки АПВ	Время срабатывания	Режим АПВ	Примечание
ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино	ПС 110 кВ Ермолино (Q14G)	3,5 с	без контролей	
	ПС 110 кВ Ермолино (Q11G)	4,5 с		
	ПС 110 кВ Икша I	5,5 с	без контролей	Запрещается при работе ДЗШ 110 кВ (без изменений)

### 3.4 Расчет параметров токовой защиты ошиновки ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино, ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино на ПС 110 кВ Ермолино

Функция вводится в работу автоматически при отключении линейного разъединителя, действует на отключение выключателей защищаемой КВЛ и пуск УРОВ.

#### Расчет параметров срабатывания токовой защиты ошиновки ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино на ПС 110 кВ Ермолино

Ток срабатывания МТЗош выбирается по условию отстройки от тока небаланса при внешнем КЗ:

$$I_{\text{МТЗош}} \geq k_{\text{отс}} \cdot I_{\text{нб}} = 1,25 \cdot 2472 = 3090 \text{ А}$$

где  $k_{\text{отс}} = 1,25$  – коэффициент отстройки;

$I_{\text{нб}}$  – ток небаланса, обусловленный погрешностями ТТ в режимах КЗ, определяется по выражению:

$$I_{\text{нб}} = k_{\text{пер}} \cdot k_{\text{одн}} \cdot \varepsilon \cdot I_{\text{макс КЗ}} = 2,0 \cdot 1,0 \cdot 0,1 \cdot 12359 = 2472 \text{ А}$$

где  $k_{\text{одн}} = 1,0$  – коэффициент однотипности ТТ;

$k_{\text{пер}}$  – коэффициент переходного режима, учитывающий увеличение тока небаланса в переходном режиме, принимается:

$k_{\text{пер}} = 2,0$  при выдержке времени рассматриваемой ступени меньшей или равной 0,1 сек;

$k_{\text{пер}} = 1,5$  при выдержке времени рассматриваемой ступени меньшей или равной 0,3 сек;

$k_{\text{пер}} = 1,0$  при выдержке времени рассматриваемой ступени большей или равной 0,5 сек;

$I_{\text{макс КЗ}} = 12359 \text{ А}$  – максимальное значение фазного тока в месте установки защиты при

внешнем трехфазном КЗ вблизи ПС 110 кВ Ермолино в режиме ввода МТЗош (отключена ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино).

Принимаем:  $I_{\text{МТЗош}} = 3090$  А первичных.

Проверка чувствительности МТЗош ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино на ПС 110 кВ Ермолино выполняется по выражению:

$$k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{КЗ,мин}}}{I_{\text{МТЗош}}} = \frac{10698}{3090} = 3,46 > 2,0$$

где  $I_{\text{КЗ,мин}}$  – минимальное ток при двухфазном КЗ вблизи ПС 110 кВ Ермолино в режиме ввода МТЗош (отключена ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино).

### **Расчет параметров срабатывания токовой защиты ошиновки ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино на ПС 110 кВ Ермолино**

Ток срабатывания МТЗош выбирается по условию отстройки от тока небаланса при внешнем КЗ:

$$I_{\text{МТЗош}} \geq k_{\text{отс}} \cdot I_{\text{нб}} = 1,25 \cdot 3372 = 4215 \text{ А}$$

где  $k_{\text{отс}} = 1,25$  – коэффициент отстройки;

$I_{\text{нб}}$  – ток небаланса, обусловленный погрешностями ТТ в режимах КЗ, определяется по выражению:

$$I_{\text{нб}} = k_{\text{пер}} \cdot k_{\text{одн}} \cdot \varepsilon \cdot I_{\text{макс КЗ}} = 2,0 \cdot 1,0 \cdot 0,1 \cdot 16859 = 3372 \text{ А}$$

где  $k_{\text{одн}} = 1,0$  – коэффициент однотипности ТТ;

$k_{\text{пер}}$  – коэффициент переходного режима, учитывающий увеличение тока небаланса в переходном режиме, принимается:

$k_{\text{пер}} = 2,0$  при выдержке времени рассматриваемой ступени меньшей или равной 0,1 сек;  
 $k_{\text{пер}} = 1,5$  при выдержке времени рассматриваемой ступени меньшей или равной 0,3 сек;  
 $k_{\text{пер}} = 1,0$  при выдержке времени рассматриваемой ступени большей или равной 0,5 сек;

$I_{\text{макс КЗ}} = 16859 \text{ А}$  – максимальное значение фазного тока в месте установки защиты при внешнем КЗ вблизи ПС 110 кВ Ермолино в режиме ввода МТЗош (отключена ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино).

Принимаем:  $I_{\text{МТЗош}} = 4220$  А первичных.

Проверка чувствительности МТЗош ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино на ПС 110 кВ Ермолино выполняется по выражению:

$$k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{КЗ,мин}}}{I_{\text{МТЗош}}} = \frac{14592}{4220} = 3,46 > 2,0$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист
			Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ						107
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	

где  $I_{КЗ, \min}$  – минимальное ток при двухфазном КЗ вблизи ПС 110 кВ Ермолино в режиме ввода МТЗош (отключена ВЛ 110 кВ Икша I – Ермолино).

### 3.5 Расчет параметров срабатывания защит трансформаторов Т-1, Т-2

В данном разделе выполнен ориентировочный расчет параметров срабатывания защит трансформаторов Т-1 и Т-2 ПС 110 кВ Ермолино. Основные параметры силовых трансформаторов ПС 110 кВ Ермолино представлены в таблице ниже.

Основные параметры силовых трансформаторов Т-1 и Т-2 ПС 110 кВ Ермолино

Параметр		Стороны ВН	Стороны НН
Номинальное напряжение	$U_{\text{ном}}$ , кВ	115	10,5
Первичный ток ТТ	$I_{\text{перв, ТТ}}$ , А	600	3000
Вторичный ток ТТ	$I_{\text{втор, ТТ}}$ , А	1	1
Номинальная мощность	$S_{\text{ном}}$ , МВА	25	25
Группа соединения обмоток ТТ		Y	Δ

#### 3.5.1 Расчет параметров дифференциальной токовой защиты трансформаторов Т-1, Т-2

##### Выбор начального тока срабатывания

С учетом обеспечения отстройки от сквозного тока трансформатора при внешних КЗ с помощью токового торможения, рекомендуется следующее выражение для определения минимального тока срабатывания  $I_{\text{ср.н}}$  функции дифференциальной защиты, обеспечивающее отстройку от тока небаланса реле в нормальном (нагрузочном) режиме работы трансформатора, вызванного погрешностью измерения ТТ, терминала, защиты и регулированием напряжения трансформатора:

$$I_{\text{ср.н}} = k_{\text{отс}} \cdot I_{\text{нб.торм.нач}} = 1,5 \cdot 38,91 = 58,4 \text{ А}$$

где  $I_{\text{нб.торм.нач}} = (k_{\text{одн}} \cdot \varepsilon + \Delta f_{\text{выр}} + k_{\text{ток}} \cdot \Delta U_{\text{рег}}) \cdot I_{\text{ном.тр}} = (1,0 \cdot 0,1 + 0,05 + 1,0 \cdot 0,16) \cdot 125,5 = 38,91 \text{ А}$  – ток небаланса в режиме начала торможения, при условии наличия РПН только на стороне ВН;

$k_{\text{отс}} = 1,5$  – коэффициент отстройки;

$k_{\text{одн}} = 1,0$  – коэффициент однотипности ТТ;

$I_{\text{ном.тр}} = \frac{S_{\text{ном,тр}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном,ВН}}} = \frac{25 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 115 \cdot 10^3} = 125,5 \text{ А}$  – номинальный ток трансформатора на стороне ВН;

$S_{\text{ном,тр}} = 25 \text{ МВА}$  – номинальная мощность трансформатора;





$\Delta f_{\text{выр}} = 0,05$  – относительное значение токовой погрешности промежуточных ТТ и аналого-цифрового преобразователя терминала;

$k_{\text{ток}} \leq 1,0$  – коэффициент распределения тока на стороне регулирования напряжения (ВН) при данном сквозном КЗ (на стороне СН или НН трансформатора);

$\Delta U_{\text{рег}}$  – относительная величина максимального приращения напряжения относительно номинальной величины в диапазоне РПН на стороне ВН (принимается равной половине диапазона, или модулю его максимальной части).

Ток торможения определяется соответственно, для этого же режима:

$$\begin{aligned} \sum I_{\text{торм.расч.п}} &= I_{\text{макс.внеш}} + (1 - \varepsilon - \Delta f_{\text{выр}} - k_{\text{ток}} \cdot \Delta U_{\text{рег}}) \cdot I_{\text{макс.внеш}} = \\ &= (1,85 - 1,0 \cdot 0,16) \cdot 2398 = 4052,6 \text{ А} \end{aligned}$$

При условии, что характеристика торможения проходит через начало координат, и с учетом приведенных выше выражений и величин:

$$k_1 = \frac{0,375 + 1,5 \cdot k_{\text{ток}} \cdot \Delta U_{\text{рег}}}{1,85 - k_{\text{ток}} \cdot \Delta U_{\text{рег}}} = \frac{0,375 + 1,5 \cdot 1,0 \cdot 0,16}{1,85 - 1,0 \cdot 0,16} = 0,36$$

Принимаем:  $k_1 = 0,36$ .

Ток начала торможения определяется как:

$$I_{\text{Т1.Н}} = \frac{I_{\text{СР.Н}}}{k_1} = \frac{100}{0,36} = 277,8 \text{ А}$$

Принимаем:  $I_{\text{Т1.Н}} = 300 \text{ А}$ .

### Расчет начала и коэффициента торможения второго наклонного участка

Параметры второго наклонного участка характеристики торможения функции ДЗТ, предназначенного для предотвращения действия защиты при больших токах внешнего повреждения, которые могут вызвать насыщение и увеличение погрешности измерения ТТ ( $>0,1$ ), могут приниматься без расчетов. Минимальная уставка наклона второго участка характеристики торможения принимается равной:  $k_2 = 0,5$ .

Ток начала торможения второго участка характеристики принимается равным:

$$I_{\text{Т2.Н}} = 2,5 \cdot I_{\text{НОМ.ТР}} = 2,5 \cdot 125,5 = 313,8 \text{ А}$$

Принимаем:  $k_2 = 0,5$ ;  $I_{\text{Т2.Н}} = 315 \text{ А}$ .

### Расчет дифференциальной отсечки

Пороговую максимальную величину срабатывания  $I_{\text{ДИФ.ОТС}}$  для трансформатора, рекомендуется принимать из условий:

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист	
									110	
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ				Формат А4











предыдущем элементе:

$$I_{с.з.}^{II} \geq \frac{k_{сх} \cdot k_{отс} \cdot k_{сзп}}{k_{в}} \cdot I_{раб, макс} = \frac{k_{сх} \cdot k_{з} \cdot k_{сзп}}{k_{в}} \cdot k_{пер} \cdot I_{ном.тр, ВН} = \frac{1,0 \cdot 1,2 \cdot 2,5}{0,96} \cdot 188,25 = 588,3 \text{ А}$$

где  $k_{отс} = 1,1 \div 1,2$  – коэффициент отстройки;

$k_{сзп} = 1,5 - 2,5$  – коэффициент самозапуска, учитывающий увеличение тока заторможенной двигательной нагрузки после восстановления напряжения;

$k_{в} = 0,96$  – коэффициент возврата;

$I_{нагр, макс} = k_{пер} \cdot I_{ном.тр, ВН} = 1,5 \cdot 125,5 = 188,25 \text{ А}$  – первичный максимальный нагрузочный ток в месте установки защиты;

$k_{пер} = 1,1 - 1,5$  – коэффициент перегрузки; зависит от типа перегрузок (систематические или аварийные), времени их существования, способа охлаждения трансформатора, температуры окружающей среды и загрузки трансформатора до момента перегруза);

$I_{ном.тр, ВН} = 125,5 \text{ А}$  – номинальный ток защищаемого трансформатора со стороны ВН.

б) Согласование с токовыми защитами по выражению:

$$I_{с.з.}^{II} \geq k_{сх} \cdot k_{отс} \cdot k_{ток} \cdot I_{сз, пред} = 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 157 = 173 \text{ А}$$

где  $k_{отс} = 1,1 \div 1,2$  – коэффициент отстройки;

$k_{ток} = 1,0$  – коэффициент токораспределения, равный отношению тока в месте установки рассматриваемой защиты к току в смежном элементе, с защитой которого производится согласование;

$I_{сз, пред} = 157 \text{ А}$  – ток срабатывания МТЗ предыдущего элемента, приведенный к стороне ВН защищаемого трансформатора, с которой производится согласование.

Принимаем:  $I_{с.з.}^{II} = 600 \text{ А}$ .

Коэффициент чувствительности определяется по выражению:

$$k_{ч} = \frac{I_{КЗ, мин}}{I_{с.з.}^{II}} = \frac{955}{660} = 1,59 > 1,2$$

где  $I_{КЗ, мин} = 955 \text{ А}$  – минимальный ток при двухфазном КЗ на стороне НН Т-1(2) ПС 110 кВ Ермолино в минимальном режиме работы электрической сети (отключены ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино, ВЛ 110 кВ Икша – Белый Раст I, II цепь с отпайкой на ПС 110 кВ Трудовая, положение РПН Т-1(2) на ПС 110 кВ Ермолино, при котором сопротивление трансформатора максимально).

Чувствительность достаточна.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист
			Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ						116
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	

Формат А4





Формат А4



Формат А4

Формат А4



аналого-цифрового преобразователя терминала;

$k_{нб} = 0,02$  – коэффициент небаланса;

$I_{нагр,макс}$  – максимальный ток нагрузки.

Выдержку времени  $t_{обрыв}$  рекомендуется принимать: по условию отстройки от внешних замыканий – не менее 10,0-15,0 сек; по условию отстройки от качаний – не менее 2,0 сек.

Принимаем:  $I_{обрыв} = 70$  А первичных,  $t_{обрыв} = 10,0$  сек.

### **Расчет параметров срабатывания ДЗО НН**

#### **Выбор начального тока срабатывания**

Начальный ток срабатывания органов ДЗШ выбирается по условиям отстройки от небалансов, которые могут возникнуть при обрыве цепей тока. Рекомендуется отстраивать уставку от максимального номинального первичного тока ИТТ:

$$I_{д.нач} = k_{отс} \cdot I_{i,макс} = 1,2 \cdot 3000 = 3600 \text{ А}$$

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

$I_{i,макс} = 3000$  А – наибольший из максимальных рабочих токов присоединений, включенных в дифференциальную контрольную зону.

Принимаем:  $I_{д.нач} = 3600$  А.

Проверка чувствительности осуществляется по следующему выражению:

$$k_{ч} = \frac{I_{КЗ,мин}}{I_{д.нач}} = \frac{12027}{3600} = 3,34 > 2,0$$

где  $I_{КЗ,мин} = 12027$  А – минимальный ток при двухфазном КЗ на стороне 10 кВ Т-1(2) ПС 110 кВ Ермолино в минимальном режиме работы электрической сети (отключены ВЛ 110 кВ Белый Раст – Ермолино, положение РПН Т-1(2) на ПС 110 кВ Ермолино, при котором сопротивление трансформатора максимально).

#### **Выбор уставок органа контроля токовых цепей**

Уставка тока срабатывания контроля исправности токовых цепей ДЗО выбирается по условиям отстройки от тока небаланса максимального нагрузочного режима:

$$I_{обрыв} = k_{отс} \cdot (k_{нб} + \Delta f_{выр}) \cdot I_{нагр,макс} = 1,2 \cdot (0,02 + 0,05) \cdot 3000 = 252,0 \text{ А}$$

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

$\Delta f_{выр} = 0,05$  – относительное значение токовой погрешности промежуточных ТТ и аналого-цифрового преобразователя терминала;

$k_{нб} = 0,02$  – коэффициент небаланса;

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	<b>Выбор уставок органа контроля токовых цепей</b>																							
			Уставка тока срабатывания контроля исправности токовых цепей ДЗО выбирается по условиям отстройки от тока небаланса максимального нагрузочного режима:																							
			$I_{\text{обрыв}} = k_{\text{отс}} \cdot (k_{\text{нб}} + \Delta f_{\text{выр}}) \cdot I_{\text{нагр, макс}} = 1,2 \cdot (0,02 + 0,05) \cdot 3000 = 252,0 \text{ А}$ <p>где <math>k_{\text{отс}} = 1,2</math> – коэффициент отстройки;</p> <p><math>\Delta f_{\text{выр}} = 0,05</math> – относительное значение токовой погрешности промежуточных ТТ и аналого-цифрового преобразователя терминала;</p> <p><math>k_{\text{нб}} = 0,02</math> – коэффициент небаланса;</p>																							
<table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Изм.</td><td>Кол.уч.</td><td>Лист</td><td>№ док.</td><td>Подп.</td><td>Дата</td></tr></table>																		Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ		Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата																					
								124																		

Формат А4



замыканий – не менее 10,0-15,0 сек; по условию отстройки от качаний – не менее 2,0 сек.

Принимаем:  $I_{\text{обрыв}} = 210 \text{ А}$  первичных,  $t_{\text{обрыв}} = 10,0 \text{ сек.}$

### 3.6 Расчет параметров устройства резервирования при отказе выключателя

Уставка токового органа УРОВ, определяющая порог срабатывания по току в фазах, должна быть примерно на 20% ниже минимального тока повреждения, при котором функция УРОВ должна быть активна:

$$I_{\text{УРОВ}} \leq 0,8 \cdot I_{\text{РЗ.мин}}$$

где  $I_{\text{РЗ.мин}}$  - наименьший ток фазы при междофазных КЗ или КЗ на землю в зоне минимальной чувствительности защит, действующих на отключение с пуском УРОВ.

Принимаем  $I_{\text{УРОВ}}$  равный 15% от номинального первичного тока ТТ на ПС 110 кВ Ермолино (Ктт=800/1)  $I_{\text{УРОВ}} = 120 \text{ А}$ . Данное значение ( $I_{\text{УРОВ}} = 120 \text{ А}$ ) с запасом удовлетворяет условию выше и соответственно обеспечивает необходимую чувствительность. Также принятая уставка по току отстроена от емкостного тока рассматриваемых ЛЭП 110 кВ ( $I_{\text{ёмк}} \approx 20 \text{ А}$ ).

Выдержка времени УРОВ принимается равной 0,3 сек.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ			126

Таблица регистрации изменений

Таблица регистрации изменений								
Изм.	Номера листов (страниц)				Всего листов (страниц) в док.	Номер док.	Подп.	Дата
	измененных	замененных	новых	аннулированных				

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

Д208320-330739ПИР-227.0-ИЛО8.4.ПЗ					Лист
					127