
ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЕТЕВАЯ КОМПАНИЯ
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ»



**СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ
ОАО «ФСК ЕЭС»**

**СТО 56947007-
29.120.70.99-2011**

**Методические указания
по выбору параметров срабатывания устройств РЗА
подстанционного оборудования
производства ООО НПП «ЭКРА»**

Стандарт организации

Дата введения: 13.09.2011

ОАО «ФСК ЕЭС»

2011

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения стандарта организации - ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения».

Сведения о стандарте организации

РАЗРАБОТАН: предприятием ООО «Исследовательский центр «Бреслер», г.Чебоксары.

ВНЕСЁН: Департаментом технологического развития и инноваций.

УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЁН В ДЕЙСТВИЕ
Приказом ОАО «ФСК ЕЭС» от 13.09.2011 № 557.

ВВЕДЁН ВПЕРВЫЕ.

Замечания и предложения по стандарту организации следует направлять в Дирекцию технического регулирования и экологии ОАО «ФСК ЕЭС» по адресу 117630, Москва, ул. Ак. Челомея, д. 5А, электронной почтой по адресу: vaga-na@fsk-ees.ru; linniksp@fsk-ees.ru.

Настоящий стандарт организации не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения ОАО «ФСК ЕЭС».

Содержание

Область применения	8
Нормативные ссылки	8
Термины и определения	9
Обозначения и сокращения	9
Раздел 1. Защита трансформаторов (автотрансформаторов)	11
1.1 Краткое описание микропроцессорных шкафов защиты трансформаторов и автотрансформаторов производства ООО НПП «ЭКРА»	18
1.1.1 Шкаф защиты трансформатора ШЭ2607 041	18
1.1.2 Шкаф защиты трансформатора и автоматики управления выключателем трансформатора ШЭ2607 041073	20
1.1.3 Шкаф защиты автотрансформатора ШЭ2607 042	21
1.1.4 Шкаф защиты автотрансформатора и стороны НН АТ ШЭ2607 042043	23
1.1.5 Шкафы ШЭ2710 542, ШЭ2710 542543, ШЭ2710 544, входящие в состав основных защит автотрансформаторов с ВН 330 кВ и выше	24
1.2 Газовые защиты трансформатора (автотрансформатора)	27
1.3 Продольная дифференциальная токовая защита трансформатора (автотрансформатора)	27
1.3.1 Выбор тока начала торможения ДТЗ	31
1.3.2 Расчет минимального тока срабатывания ДТЗ	31
1.3.3 Расчет тока торможения блокировки ДТЗ	33
1.3.4 Расчет коэффициента торможения ДТЗ	35
1.3.5 Выбор параметра срабатывания блокировки по второй гармонике	36
1.3.6 Расчет тока срабатывания дифференциальной отсечки	36
1.4 Максимальная токовая защита с комбинированным пуском по напряжению трансформатора	37
1.4.1 Расчет максимальной токовой защиты	39
1.4.2 Расчет параметра срабатывания максимального ИО тока	40
1.4.3 Расчет параметра срабатывания минимального ИО напряжения	42
1.4.4 Расчет параметра срабатывания ИО напряжения обратной последовательности	44
1.4.5 Выбор параметра срабатывания реле ОНМ по углу максимальной чувствительности	45
1.4.6 Расчет выдержки времени	45
1.5 Токовая защита нулевой последовательности трансформатора	47
1.5.1 Расчет параметра срабатывания ИО тока нулевой последовательности	48
1.5.2 Расчет выдержки времени ТЗНП	51
1.6 Защита от перегрузки трансформатора (автотрансформатора)	52
1.6.1 Расчет параметра срабатывания ИО максимального тока	52
1.6.2 Выбор выдержки времени срабатывания ЗП	54

1.7 Контроль изоляции вводов 500 (750) кВ АТ	54
1.7.1 Выбор тока срабатывания КИВ ВН на сигнал	54
1.7.2 Выбор тока срабатывания КИВ ВН на сигнал при загрузлении	54
1.7.3 Выбор времени срабатывания КИВ ВН на сигнал	55
1.7.4 Выбор времени срабатывания КИВ ВН на отключение	55
1.7.5 Выбор времени срабатывания КИВ ВН при загрузлении	55
1.7.6 Выбор времени срабатывания неисправности КИВ ВН	55
1.8 Устройство резервирования при отказе выключателя трансформатора (автотрансформатора)	55
1.8.1 Выбор тока срабатывания УРОВ	57
1.8.2 Расчет времени срабатывания УРОВ	57
1.8.3 Выбор действия УРОВ ВН «на себя»	58
1.9 Автоматика охлаждения	58
1.9.1 Выбор тока срабатывания пуска автоматики охлаждения	59
1.10 Блокировка РПН	59
1.10.1 Выбор параметров срабатывания ИО тока функции блокировки РПН	59
1.10.2 Выбор параметров срабатывания ИО напряжения функции блокировки РПН	60
1.11 Контроль изоляции цепей НН	60
1.11.1 Выбор напряжения срабатывания контроля изоляции цепей НН	60
1.11.2 Выбор выдержки времени контроля изоляции цепей НН	60
1.12 Логическая защита шин	60
1.12.1 Выбор выдержки времени ЛЗШ	61
1.13 Функция пуска автоматики пожаротушения	61
1.14 Защита минимального напряжения	63
1.14.1 Выбор напряжения срабатывания максимального реле напряжения	63
1.14.2 Выбор напряжения срабатывания минимального реле напряжения	63
1.14.3 Выбор времени срабатывания	64
1.15 Защита от дуговых замыканий	64
1.16 Защита от неполнофазного режима	64
1.16.1 Выбор тока срабатывания реле тока ЗНФР	64
1.16.2 Выбор времени задержки на срабатывание	65
1.17 Защита линейного регулировочного трансформатора	65
1.18 Выбор выдержек времени	65
1.18.1 Выбор выдержки времени подхвата срабатывания выходных цепей	65
1.18.2 Выбор выдержки времени срабатывания неисправности цепей напряжения	66
1.19 Пример расчета ДТЗ трехобмоточного трансформатора	66
1.19.1 Параметрирование терминала	69
1.19.2 Расчет и выбор параметров срабатывания ДТЗ	71

Раздел 2. Защита шунтирующих реакторов	74
2.1 Краткое описание шкафа защиты ШЭ2710 541	75
2.2 Газовая защита шунтирующего реактора	77
2.2.1 Выбор времени срабатывания неисправности цепей	77
2.3 Продольная дифференциальная токовая защита	77
2.3.1 Выбор тока начала торможения	79
2.3.2 Расчет начального тока срабатывания	79
2.3.3 Расчет коэффициента торможения	80
2.3.4 Выбор параметра срабатывания блокировки по второй гармонике	81
2.3.5 Расчет тока срабатывания дифференциальной отсечки	81
2.3.6 Проверка чувствительности продольной дифференциальной защиты	82
2.4 Поперечная дифференциальная токовая защита	82
2.4.1 Расчет начального тока срабатывания	84
2.4.2 Проверка чувствительности поперечной дифференциальной защиты	85
2.5 Токовая защита нулевой последовательности	85
2.5.1 Расчет первичного тока срабатывания первой ступени ТЗНП, включенной со стороны линейных вводов	86
2.5.2 Расчет выдержки времени первой ступени ТЗНП, включенной со стороны линейных вводов	87
2.5.3 Расчет первичного тока срабатывания второй ступени ТЗНП, включенной со стороны выводов к нейтрали ШР	87
2.5.4 Расчет выдержки времени второй ступени ТЗНП, включенной со стороны выводов к нейтрали	88
2.6 Контроль изоляции вводов шунтирующего реактора	89
2.6.1 Расчет базисного тока КИВ	90
2.6.2 Выбор тока срабатывания КИВ ВН на сигнал	91
2.6.3 Выбор тока срабатывания КИВ ВН на сигнал при заглублении	91
2.6.4 Выбор времени срабатывания КИВ ВН на сигнал	91
2.6.5 Выбор времени срабатывания КИВ ВН на отключение	91
2.6.6 Выбор времени срабатывания КИВ ВН при заглублении	92
2.6.7 Выбор времени срабатывания неисправности КИВ ВН	92
2.7 Автоматика охлаждения	92
2.7.1 Расчет тока срабатывания реле тока автоматике охлаждения	92
2.8 Функция пуска автоматике пожаротушения	92
2.8.1 Выбор тока срабатывания реле тока	92
2.8.2 Выбор напряжения срабатывания минимального реле напряжения ЛВ	93
2.8.3 Выбор времени продления импульса для пуска автоматике пожаротушения	93
2.8.4 Выбор времени ограничения импульса пуска автоматике пожаротушения	93
2.8.5 Выбор времени срабатывания деблокировки пожаротушения	93

2.9 УРОВ	94
2.10 Выбор выдержек времени	94
2.10.1 Выбор выдержки времени подхвата срабатывания выходных цепей	94
2.10.2 Выбор времени срабатывания неисправности цепей напряжения	94
2.11 Пример расчета параметров срабатывания защит ШР	95
2.11.1 Базисные токи сторон ШР	97
2.11.2 Газовая защита шунтирующего реактора	98
2.11.3 Продольная дифференциальная токовая защита	98
2.11.4 Поперечная дифференциальная токовая защита	101
2.11.5 Токовая защита нулевой последовательности	102
2.11.6 Контроль изоляции вводов шунтирующего реактора	105
2.11.7 Автоматика охлаждения	109
2.11.8 Функция пожаротушения	109
2.11.9 Выбор выдержек времени	110
Раздел 3. Защита шин и ошиновок	112
3.1 Краткое описание микропроцессорных шкафов защиты шин производства «ЭКРА»	112
3.1.1 Шкаф защиты ошиновок ШЭ2607 051, 051051	112
3.1.2 Шкаф защиты шин ШЭ2607 061	114
3.1.3 Шкаф защиты шин ШЭ2607 062	116
3.1.4 Шкаф защиты шин ШЭ2710 561	117
3.1.5 Шкаф защиты шин ШЭ2710 562	118
3.2 Дифференциальная защита шин и ошиновок с торможением	120
3.2.1 Выбор тока начала торможения	126
3.2.2 Расчет начального тока срабатывания	127
3.2.3 Расчет коэффициента торможения	128
3.2.4 Проверка чувствительности ДЗШ/ДЗО	130
3.2.5 Выбор тока начала торможения при «очувствлении»	133
3.2.6 Выбор начального тока срабатывания при «очувствлении»	133
3.2.7 Расчет тока срабатывания реле чувствительного токового органа	133
3.2.8 Выбор времени запоминания срабатывания ДЗШ/ДЗО	134
3.2.9 Выбор выдержки времени ввода очувствления	135
3.2.10 Выбор выдержки времени запоминания отсутствия напряжения	135
3.2.11 Выбор времени задержки при подаче напряжения	136
3.2.12 Выбор выдержки времени АПВ	136
3.3 Дифференциальная защита шин без торможения (ШЭ2607 062)	136
3.3.1 Расчет начального тока срабатывания	138
3.3.2 Расчет тока срабатывания реле чувствительного токового органа	139
3.3.3 Выбор времени запоминания срабатывания ДЗШ в цикле АПВ	139
3.4 Реле контроля исправности цепей переменного тока	140
3.4.1 Расчет тока срабатывания реле контроля исправности цепей тока	140
3.4.2 Расчет времени срабатывания контроля обрыва цепей тока	141
3.5 Ручное опробование	141

3.5.1 Расчет тока срабатывания реле тока _____	142
3.5.2 Выбор времени запоминания команды опробования _____	142
3.5.3 Выбор времени задержки отключения при опробовании присоединения _____	143
3.5.4 Выбор времени задержки останова ВЧ-передатчика _____	143
3.6 Устройство резервирования при отказе выключателя _____	144
3.6.1 Расчет параметров срабатывания токового ИО УРОВ _____	145
3.6.2 Выбор выдержки времени срабатывания УРОВ _____	145
3.7 Запрет АПВ _____	146
3.7.1 Расчет напряжения срабатывания реле минимального междуфазного напряжения _____	147
3.7.2 Расчет параметра срабатывания реле максимального междуфазного напряжения _____	148
3.7.3 Расчет параметра срабатывания реле максимального напряжения обратной последовательности _____	148
3.7.4 Расчет параметра срабатывания реле минимального напряжения обратной последовательности _____	148
3.7.5 Выбор выдержки времени неисправности цепей напряжения _	149
3.7.6 Выбор выдержки времени задержки на цикл АПВ _____	149
3.7.7 Выбор выдержки времени отстройки от дребезга контактов выключателя _____	150
3.8 Выбор выдержек времени _____	150
3.8.1 Выбор выдержки времени подхвата срабатывания выходных цепей _____	150
3.9 Пример расчета защит шин _____	150
3.9.1 Параметрирование терминала _____	152
3.9.2 Расчет дифференциальной защиты шин с торможением _____	152
3.9.3 Реле контроля исправности цепей переменного тока _____	158
3.9.4 Ручное опробование _____	159
3.9.5 Выбор времени запоминания команды опробования _____	160
Приложение А _____	162
Приложение Б _____	204
Приложение В _____	206
Приложение Г _____	212
Список литературы _____	215

Область применения

Объектом регулирования данного стандарта организации являются терминалы релейной защиты производства ООО НПП «ЭКРА» в части выбора их уставок.

В данном стандарте организации приведены Методические указания по выбору уставок и параметров срабатывания микропроцессорных защит трансформаторов и автотрансформаторов, шунтирующих реакторов и шин, выполненных на базе шкафов защит производства ООО НПП «ЭКРА».

Документ состоит из трех разделов:

- защиты трансформатора (автотрансформатора с высшим напряжением 220-750 кВ);
- защиты шунтирующего реактора напряжением 330-750 кВ;
- защиты шин и ошинок напряжением 110-750 кВ.

Каждый раздел содержит:

- введение с кратким описанием рассмотренных в данном разделе защит;
- общий перечень защит, которые должны и/или могут быть предусмотрены для данного защищаемого объекта;
- краткое описание, назначение и принцип действия шкафов защиты и их функциональный состав;
- методику расчета основных и резервных защит оборудования подстанций, реализованных в рассматриваемом устройстве.

В первом разделе рассмотрены следующие микропроцессорные шкафы защиты трансформаторов и автотрансформаторов: ШЭ2607 041, ШЭ2607 041073, ШЭ2607 042, ШЭ2607 042043, ШЭ2710 542, ШЭ2710 542543, ШЭ2710 544.

Во втором разделе рассмотрен микропроцессорный шкаф защиты шунтирующего реактора ШЭ2710 541.

В третьем разделе рассмотрены следующие микропроцессорные шкафы защиты шин: ШЭ2607 061, ШЭ2607 062, ШЭ2710 561, ШЭ2710 562; и ошинок: ШЭ2607 051, ШЭ2607 051051.

Стандарт осуществляет регулирование путем описания методики выбора уставок вышеупомянутых устройств.

Действие стандарта организации распространяется на все филиалы ОАО «Федеральная сетевая компания Единой энергетической системы».

Нормативные ссылки

Настоящие методические указания соответствуют Руководствам по эксплуатации и содержащимся в них рекомендациям производителя по расчету параметров срабатывания, Правилам устройства электроустановок (ПУЭ) и другим руководящим материалам, а также учитывают рекомендации и отзывы энергетических систем и проектных организаций.

Методические указания носят рекомендательный характер и предназначены для проектных и эксплуатационных организаций. Целью методических указаний является максимальное применение типовых уже зарекомендовавших себя решений для удешевления и ускорения внедрения устройств в эксплуатацию, а также обеспечения наиболее полного использования возможностей и функций описываемых шкафов защиты. Отступления от решений, приведенных в методических указаниях, допускаются в случаях, когда это обосновано конкретными особенностями защищаемого объекта или условий его эксплуатации, а также для ранее запроектированных, монтируемых или действующих устройств, если эти отступления не ведут к серьезным недостаткам.

Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями.

Термин «**защита**» используется в устоявшихся словосочетаниях, обозначающих принципы действия релейной защиты; например, дифференциальная защита, максимальная токовая защита.

Термин «**реле**» используется для обозначения физического устройства, реализующего одну функцию; например, реле тока, реле напряжения.

Под «**измерительным органом**» понимается программная функция устройства релейной защиты, выполняющая обработку аналогового сигнала (его сравнение с заданной величиной – параметром срабатывания), результатом которой является логический сигнал (срабатывание или несрабатывание); например, измерительный орган тока, измерительный орган напряжения.

Термин «**функция**» используется для обозначения совокупности измерительных органов и логических элементов, предназначенных для реализации некоторого принципа внутри микропроцессорного устройства релейной защиты; например, функция дифференциальной защиты, функция максимальной токовой защиты.

Обозначения и сокращения

АО	автоматика охлаждения
АТ	автотрансформатор
АУВ	автоматика управления выключателем
АПВ	автоматическое повторное включение
АППож	автоматика пуска пожаротушения
БТН	бросок тока намагничивания
ВН	высшее напряжение
ГЗ РПН	газовая защита устройства регулирования напряжения под нагрузкой
ГЗТ	газовая защита трансформатора
ДЗО	дифференциальная защита ошиновки

ДЗШ	дифференциальная защита шин
ДПТ	датчик постоянного тока
ДТЗ	дифференциальная токовая защита
ЗДЗ	защита от дуговых замыканий
ЗНФ	защита от непереключения фаз
ЗНФР	защита от неполнофазного режима
ЗП	защита от перегрузки
ИО	измерительный орган
КЗ	короткое замыкание
КИВ	контроль изоляции вводов
КОН	контроль отсутствия напряжения
ЛВ	линейный ввод
ЛЗШ	логическая защита шин
ЛРТ	линейный регулировочный трансформатор
ЛЭП	линия электропередачи
МТЗ	максимальная токовая защита
МЭК	международная электротехническая комиссия
НН	низшее напряжение
НН1	низшее напряжение 1 секции
НН2	низшее напряжение 2 секции
НПП	научно-производственное предприятие
ОАПВ	однофазное автоматическое повторное включение
ОНМ	орган направления мощности
ПБВ	регулирование напряжения путем переключения числа витков обмоток без возбуждения
ПДЗР	поперечная дифференциальная защита шунтирующего реактора
ПО	пусковой орган
ПТТ	промежуточный трансформатор тока
ПУЭ	правила устройства электроустановок
РО	регулируемая обмотка
РПН	регулирование под нагрузкой
РУ	распределительное устройство
СВ	секционный выключатель
СН	среднее напряжение
СШ	сборные шины
ТЗНП	токовая защита нулевой последовательности
ТН	трансформатор напряжения
ТО	токовая отсечка
ТСН	трансформатор собственных нужд
ТТ	трансформатор тока
УРОВ	устройство резервирования при отказе выключателя
ФДТС	формирователь дифференциального и тормозного сигналов
ЧТО	чувствительный токовый орган
ШР	шунтирующий реактор
ШСВ	шиносоединительный выключатель
ЭМО	электромагнит отключения выключателя

Раздел 1. Защита трансформаторов (автотрансформаторов)

В данных методических указаниях рассматриваются трансформаторы с высшим напряжением 110 кВ и выше (автотрансформаторы с высшим напряжением 220 кВ и выше). В соответствии с [15, п.3.2.51] для рассматриваемого оборудования должна быть предусмотрена релейная защита от следующих видов повреждений и ненормальных режимов работы:

- а) многофазных замыканий в обмотках и на выводах;
- б) однофазных замыканий на землю в обмотке и на выводах, присоединенных к сети с глухозаземленной нейтралью;
- в) витковых замыканий в обмотках;
- г) токов в обмотках, обусловленных внешними КЗ;
- д) токов в обмотках, обусловленных перегрузкой;
- е) понижения уровня масла;
- ж) частичного пробоя изоляции вводов 500 кВ и выше, если вводы маслонаполненные;
- з) однофазных замыканий на землю в сетях 3-10 кВ с изолированной нейтралью, если трансформатор питает сеть, в которой отключение однофазных замыканий на землю необходимо по требованиям безопасности.

Должен быть предусмотрен контроль изоляции цепей НН трансформатора (автотрансформатора) при замыканиях на землю в сетях с изолированной или компенсированной нейтралью.

В таблице 1.1 приведен перечень защит, устанавливаемых на двухобмоточных трансформаторах;

в таблице 1.2 – перечень защит, устанавливаемых на трехобмоточных трансформаторах;

в таблице 1.3 – перечень защит, обязательных для защиты автотрансформатора с высшим напряжением 220 кВ;

в таблице 1.4 – перечень защит, обязательных для защиты автотрансформатора с высшим напряжением 330-750 кВ.

Таблица 1.1 – Перечень обязательных защит двухобмоточного трансформатора

Название защиты	Описание защиты
Газовые защиты трансформатора и его устройства РПН	Используется как чувствительная защита от внутренних повреждений. Выполняется в виде устройства газового реле, сигнал которого принимается микропроцессорной защитой. В устройстве РПН предусматривается отдельное струйное реле или реле давления.

Название защиты	Описание защиты
Продольная дифференциальная токовая защита	Предназначена для защиты от всех видов замыканий в обмотках и на выводах при включении на выносные ТТ, а также для частичной защиты от витковых замыканий всех обмоток.
Максимальная токовая защита (МТЗ) ВН и НН с возможностью пуска по напряжению	<p>Резервирует основные защиты и защиты присоединений, отходящих от секции НН. Устанавливается на стороне ВН защищаемого трансформатора и на стороне НН в цепи каждого ответвления к выключателю низшего напряжения трансформатора.</p> <p>Комбинированный пусковой орган (включает ИО обратной последовательности и ИО минимального напряжения) подключается к ТН со стороны НН. Данный орган можно не использовать, если на стороне НН статическая нагрузка.</p>
Защита от перегрузки (ЗП)	<p>Защищает трансформатор от симметричной перегрузки. Может устанавливаться со стороны ВН, для трансформаторов с расщепленной обмоткой НН – на сторонах НН1, НН2.</p> <p>Защита действует на сигнал. Для исключения неселективного срабатывания защиты при набросе тока при внешних КЗ или кратковременных бросках тока нагрузки защита выполняется с выдержкой времени $(7 \div 9)$ с.</p>
Устройство резервирования при отказе выключателя (УРОВ) ВН	Обеспечивает отключение трансформатора выключателями смежных элементов в случае отказа его выключателя на стороне ВН.
Дифференциальная токовая защита ошиновки стороны НН	Выполняется с включением в зону ее действия токоограничивающего реактора (при наличии реактора). В защитах производства фирмы «ЭКРА» ДЗО выполняется в виде отдельного устройства.
Дифференциальная токовая защита ошиновки стороны ВН	Рекомендуется в зависимости от схемы соединений на стороне ВН, протяженности ошиновки и других факторов. В НПП «ЭКРА» выполняется в виде отдельного устройства.

Название защиты	Описание защиты
Пуск автоматики пожаротушения	Предусматривается на трансформаторах 220-330 кВ единичной мощностью 200 МВА и более; на трансформаторах 500 кВ и выше независимо от мощности; на трансформаторах мощностью 63 МВА и более напряжением 110 кВ и выше, устанавливаемых в камерах закрытых подстанций глубокого ввода и в закрытых распределительных установках подстанций.

Таблица 1.2 – Перечень обязательных защит трехобмоточного трансформатора

Название защиты	Описание защиты
Газовые защиты трансформатора и его устройства РПН	Используется как чувствительная защита от внутренних повреждений. Выполняется в виде устройства газового реле, сигнал которого принимается микропроцессорной защитой. В устройстве РПН предусматривается отдельное струйное реле или реле давления, выполненное без возможности перевода действия отключающего контакта на сигнал.
Продольная дифференциальная токовая защита	Предназначена для защиты от всех видов замыканий в обмотках и на выводах при включении на выносные ТТ, а также для частичной защиты от витковых замыканий всех обмоток.
Максимальная токовая защита (МТЗ) ВН, СН и НН с возможностью пуска по напряжению	Резервирует основные защиты и защиты присоединений, отходящих от секций СН и НН. Комбинированный пусковой орган (включает ИО обратной последовательности и ИО минимального напряжения) подключается к ТН со стороны СН и НН. Данный орган можно не использовать, если на стороне НН статическая нагрузка.
Токовая защита нулевой последовательности (ТЗНП)	Резервирует отключение замыканий на землю на шинах и линиях со стороны ВН, а также резервирует основные защиты трансформатора. Используется при наличии питания с других сторон трансформатора. Подключается либо к ТТ со стороны ВН, либо к ТТ в нейтрали трансформатора.

Название защиты	Описание защиты
Защита от перегрузки (ЗП)	<p>Защищает трансформатор от симметричной перегрузки. На трехобмоточных трансформаторах с двусторонним питанием устанавливается на обеих питающих сторонах, на трехобмоточных трансформаторах с неравной мощностью обмоток – на всех трех сторонах, во всех остальных случаях – только со стороны ВН.</p> <p>Защита действует на сигнал. Для исключения неселективного срабатывания защиты при набросе тока при внешних КЗ или кратковременных бросках тока нагрузки защита выполняется с выдержкой времени $(7 \div 9)$ с.</p>
Устройство резервирования при отказе выключателя (УРОВ) ВН (СН)	Обеспечивает отключение трансформатора выключателями смежных элементов в случае отказа срабатывания выключателя на стороне ВН (СН).
Дифференциальная токовая защита ошиновки стороны НН	Выполняется с включением в зону ее действия токоограничивающего реактора (при наличии реактора). В защитах производства фирмы «ЭКРА» выполняется с помощью отдельного устройства.
Дифференциальная токовая защита ошиновки стороны ВН (СН)	Используется при необходимости в зависимости от первичной схемы на стороне ВН (СН), протяженности ошиновки и других факторов. В защитах «ЭКРА» производства фирмы выполняется с помощью отдельного устройства.
Контроль изоляции цепей НН	Обеспечивает контроль изоляции цепей низшего напряжения при замыканиях на землю в сетях с изолированной или компенсированной нейтралью.
Запуск автоматики пожаротушения	Предусматривается на трансформаторах 220-330 кВ единичной мощностью 200 МВА и более; на трансформаторах 500 кВ и выше независимо от мощности; на трансформаторах мощностью 63 МВА и более напряжением 110 кВ и выше, устанавливаемых в камерах закрытых подстанций глубокого ввода и в закрытых распределительных установках подстанций.

Таблица 1.3 – Перечень обязательных защит автотрансформатора с высшим напряжением 220 кВ

Название защиты	Описание защиты
Газовая защита	Используется как чувствительная защита от повреждений в кожухе АТ. Выполняется в виде устройства газового реле, сигнал от которого принимается микропроцессорной защитой.
Реле давления устройства РПН	Выполняется в виде устройства газового реле, сигнал которого принимается микропроцессорной защитой. Предусматривается струйное реле или реле давления, реагирующее на повреждения в контактном объеме РПН добавочного трансформатора, с одним контактом, действующим на отключение.
Продольная дифференциальная токовая защита	Предназначена для защиты от всех видов КЗ в обмотках и на выводах при включении на выносные или встроенные ТТ без выдержки времени.
Максимальная токовая защита (МТЗ) НН с возможностью пуска по напряжению	Предназначена для защиты АТ от внешних КЗ на стороне НН и резервирования основных защит стороны НН (6-10-35 кВ) АТ. Подключается к ТТ ввода стороны НН АТ.
Защита от перегрузки (ЗП)	Защищает АТ от симметричной перегрузки. Может устанавливаться со сторон ВН и НН, а также со стороны выводов обмоток АТ к нейтрали (общей обмотки АТ). Защита действует на сигнал. Для обеспечения недействия защиты при увеличении тока при внешних КЗ или кратковременных бросках тока нагрузки защита выполняется с выдержкой времени (7 ÷ 9) с.
Защиты от неполнофазного режима	Предназначена для защиты от неполнофазного режима, возникающего при отключении не всеми фазами выключателя АТ стороны ВН или СН в предположении установки выключателей с пофазным приводом.
Устройство резервирования при отказе выключателя (УРОВ) ВН и СН	Обеспечивает отключение автотрансформатора выключателями смежных элементов в случае отказа его выключателей на стороне ВН и СН.

Название защиты	Описание защиты
Устройство резервирования при отказе выключателя (УРОВ) НН	Устанавливается со стороны НН АТ. Обеспечивает отключение АТ выключателями смежных элементов в случае отказа его выключателей ВН и СН при КЗ за токоограничивающим реактором.
Дифференциальная токовая защита цепей стороны НН	Предназначена для повышения чувствительности при внутренних повреждениях, для обеспечения селективного пуска системы автоматического пожаротушения АТ при внутренних КЗ и для защиты от всех видов замыканий ошиновки, при наличии токоограничивающих реакторов и вольтодобавочных трансформаторов. Подключается к ТТ, встроенному во ввод стороны НН АТ, и ТТ в цепи выключателей, питающих секции НН. Действует на отключение АТ со всех сторон с запретом АПВ.
Дифференциальная токовая защита ошиновки стороны ВН (СН)	Рекомендуется в зависимости от схемы соединений на стороне ВН(СН), протяженности ошиновки и других факторов. Выполняется в виде отдельного устройства.
Контроль изоляции цепей низшего напряжения	Обеспечивает контроль изоляции цепей низшего напряжения при замыканиях на землю в сетях с изолированной или компенсированной нейтралью. Осуществляет контроль изоляции цепей стороны НН с помощью реле напряжения, действующего на сигнал с выдержкой времени. Выполняется в виде отдельного устройства, прием сигнала от которого должна обеспечивать микропроцессорная защита.
Пуск автоматики пожаротушения (АПШож)	Предусматривается на автотрансформаторах 220 кВ единичной мощностью 200 МВА и более; на автотрансформаторах мощностью 63 МВА и более, устанавливаемых в камерах закрытых подстанций глубокого ввода и в закрытых распределительных установках подстанций.

Таблица 1.4 – Перечень обязательных защит автотрансформатора с высшим напряжением 330-750 кВ

Название защиты	Описание защиты
Газовая защита	Используется как чувствительная защита от повреждений в кожухе АТ. Выполняется в виде устройства газового реле, сигнал от которого принимается микропроцессорной защитой.

Название защиты	Описание защиты
Реле давления устройства РПН	Выполняется в виде устройства газового реле, сигнал от которого принимается микропроцессорной защитой. Предусматривается струйное реле или реле давления, реагирующее на повреждения в контактном объеме РПН добавочного трансформатора, с одним контактом, действующим на отключение.
Продольная дифференциальная токовая защита	Предназначена для защиты от всех видов КЗ в обмотках и на выводах при включении на встроенные ТТ без выдержки времени.
Максимальная токовая защита (МТЗ) НН с возможностью пуска по напряжению	Предназначена для резервирования основных защит стороны НН (6-10-35 кВ) АТ. Подключается к ТТ ввода стороны НН АТ.
Защита от перегрузки (ЗП)	Защищает автотрансформатор от симметричной перегрузки. Может устанавливаться со сторон ВН и НН, а также со стороны выводов обмоток АТ к нейтрали (общей обмотки АТ). Защита действует на сигнал. Для исключения неселективного срабатывания защиты при набросе тока при внешних КЗ или кратковременных бросках тока нагрузки защита выполняется с выдержкой времени $(7 \div 9)$ с.
Защиты от неполнофазного режима	Предназначена для защиты от неполнофазного режима, возникающего при включении и отключении не всеми фазами выключателя АТ стороны ВН или СН в предположении установки выключателей с пофазным приводом.
Устройство контроля изоляции вводов (КИВ)	Предназначено для контроля состояния изоляции маслонаполненных вводов 500 (750) кВ АТ.
Устройство резервирования при отказе выключателя (УРОВ) ВН и СН	Обеспечивает отключение автотрансформатора выключателями смежных элементов в случае отказа его выключателей на стороне ВН и СН.
Устройство резервирования при отказе выключателя (УРОВ) НН	Устанавливается со стороны НН АТ. Обеспечивает отключение АТ выключателями смежных элементов в случае отказа выключателей ВН и СН при КЗ за токоограничивающим реактором.

Название защиты	Описание защиты
Дифференциальная токовая защита цепей стороны НН	Предназначена для повышения чувствительности при внутренних повреждениях, для обеспечения селективного пуска системы автоматического пожаротушения АТ при внутренних КЗ и для защиты от всех видов замыканий ошиновки, при наличии токоограничивающих реакторов и вольтодобавочных трансформаторов. Подключается к ТТ, встроенному во ввод стороны НН АТ, и ТТ в цепи выключателей, питающих секции НН. Действует на отключение АТ со всех сторон с запретом АПВ.
Дифференциальная токовая защита ошиновки стороны ВН (СН)	Используется при необходимости в зависимости от первичной схемы на стороне ВН (СН), протяженности ошиновки и других факторов. Выполняется в виде отдельного устройства.
Контроль изоляции цепей НН	Обеспечивает контроль изоляции цепей низшего напряжения при замыканиях на землю в сетях с изолированной или компенсированной нейтралью. Выполняется с помощью реле напряжения, действующего на сигнал с выдержкой времени, в виде отдельного устройства, прием сигнала которого должна обеспечивать микропроцессорная защита.
Пуск автоматики пожаротушения	Предусматривается на автотрансформаторах 500 кВ и выше независимо от мощности.

В данном разделе документа будут рассмотрены следующие защиты производства ООО НПП «ЭКРА» трансформаторов: ШЭ2607 041, ШЭ2607 041073, ШЭ2607 073; и автотрансформаторов ШЭ2607 042, ШЭ2607 042043, ШЭ2607 071, ШЭ2607 071071, ШЭ2607 072, ШЭ2607 072071, ШЭ2710 542, ШЭ2710 542543, ШЭ2710 544, ШЭ2710 572.

1.1 Краткое описание микропроцессорных шкафов защиты трансформаторов и автотрансформаторов производства ООО НПП «ЭКРА»

Ниже даны краткое описание, назначение и принцип действия шкафов защиты трансформаторов и автотрансформаторов, рассмотренных в данных методических указаниях, а также их функциональный состав и примеры типовых решений.

1.1.1 Шкаф защиты трансформатора ШЭ2607 041

В соответствии с руководством по эксплуатации [1] шкаф типа ШЭ2607 041 предназначен для защиты трансформатора и состоит из двух комплектов.

Первый комплект реализует функции основных и резервных защит трансформатора и содержит:

- продольную дифференциальную токовую защиту;
- токовую защиту нулевой последовательности со стороны ВН;
- максимальные токовые защиты со всех сторон (МТЗ ВН, МТЗ СН, МТЗ НН1, МТЗ НН2) с комбинированным пуском по напряжению сторон СН, НН1 и/или НН2 (МТЗ НН1(НН2) выполняется двухступенчатой);
- защиту от перегрузки со всех сторон;
- реле тока для блокировки устройства РПН при перегрузке;
- токовые реле для пуска автоматики охлаждения;
- реле минимального напряжения сторон СН, НН1 и НН2, реагирующие на понижение междуфазного напряжения для блокировки РПН;
- реле максимального напряжения сторон СН, НН1 и НН2, реагирующие на повышение напряжения обратной последовательности для пуска по напряжению МТЗ СН, МТЗ НН1, МТЗ НН2;
- устройство резервирования при отказе выключателя со стороны ВН.

Кроме того, первый комплект обеспечивает прием сигналов от

- сигнальной и отключающей ступеней газовой защиты трансформатора;
- газовой защиты устройства РПН трансформатора;
- датчиков повышения температуры масла;
- датчиков понижения и повышения уровня масла;
- неисправности цепей охлаждения.

Второй комплект обеспечивает прием отключающих сигналов от отключающих ступеней газовых защит трансформатора, устройства РПН и действует на отключение через две группы отключающих реле.

В таблице А1 Приложения А представлен перечень уставок и параметров срабатывания шкафа защиты ШЭ2607 041, подлежащих выбору и/или расчету и установке в терминале защиты и рассмотренных в данных методических указаниях.

Шкаф защиты может иметь два типоразмера для разных первичных схем присоединения защищаемого трансформатора к РУ ВН, СН – с мостиком или без мостика. В тех случаях, когда имеется отличие в расчете или названии параметров срабатывания в скобках будет отмечено то, что относится к схеме с мостиком, иначе – расчеты совпадают.

Компенсация фазового сдвига и коэффициента схемы осуществляется программно, если ТТ соединены по схеме «звезда» независимо от группы соединения защищаемого трансформатора (Y/Y-0, Y₀/D-11, D/D-0). Для трансформатора с группой соединения Y₀/D-11 возможно подключение к ТТ, соединенным по схеме «треугольник» со стороны ВН. При этом программная

компенсация фазового сдвига и коэффициента схемы не производится, а также при этом не работает ТЗНП, т.к. отсутствует ток нулевой последовательности.

Шкаф типа ШЭ2607 041 выполнен с использованием одного терминала БЭ2704 041. Перед расчетом и выставлением параметров срабатывания защит необходимо произвести параметрирование терминала БЭ2704 041, на базе которого реализован шкаф. Порядок параметрирования и пример приведены в Приложении В, п.1.

1.1.2 Шкаф защиты трансформатора и автоматики управления выключателем трансформатора ШЭ2607 041073

В соответствии с руководством по эксплуатации [5] шкаф типа ШЭ2607 041073 предназначен для защиты трансформатора и автоматики управления выключателем трансформатора и состоит из трех комплектов.

Первый комплект реализует функции основных и резервных защит трансформатора и содержит:

- дифференциальную токовую защиту трансформатора (ДТЗ Т) от всех видов КЗ внутри бака трансформатора;
- токовую защиту нулевой последовательности со стороны ВН (ТЗНП);
- максимальные токовые защиты со всех сторон (МТЗ ВН, МТЗ СН, МТЗ НН1, МТЗ НН2) с пуском по напряжению (МТЗ НН1(НН2) выполняется двухступенчатой);
- реле минимального напряжения сторон СН, НН1 и НН2, реагирующих на понижение междуфазного напряжения;
- реле максимального напряжения сторон СН, НН1 и НН2, реагирующих на повышение напряжения обратной последовательности для пуска по напряжению МТЗ ВН, МТЗ СН, МТЗ НН1, МТЗ НН2;
- защиту от перегрузки со всех сторон;
- реле тока для блокировки устройства РПН при перегрузке;
- токовые реле для пуска автоматики охлаждения;
- реле минимального напряжения сторон СН, НН1 и НН2, реагирующие на понижение междуфазного напряжения для блокировки РПН;
- устройство резервирования при отказе выключателя со стороны ВН (УРОВ).

Кроме того, первый комплект обеспечивает прием сигналов от:

- сигнальной и отключающей ступеней газовой защиты трансформатора;
- газовой защиты устройства РПН трансформатора;
- датчиков повышения температуры масла;
- датчиков понижения и повышения уровня масла;
- неисправности цепей охлаждения;
- устройства РПН и выполняет действие на отключение через группу отключающих реле.

Второй комплект состоит из электромеханических реле повторителей для отключения трансформатора со всех сторон от газовых защит.

Третий комплект реализует функции:

- автоматики управления выключателем (АУВ);
- автоматического повторного включения (АПВ);
- устройства резервирования отказа выключателя (УРОВ);
- максимальной токовой защиты ВН (МТЗ ВН) с комбинированным пуском по напряжению от многофазных КЗ (двухфазных, двухфазных на землю, трехфазных);
- токовой ненаправленной защиты нулевой последовательности (ТЗНП) от КЗ на землю;
- защиты от непереключения фаз и защиты от неполнофазного режима (для выключателей с пофазным управлением электромагнитов).

Кроме того, третий комплект обеспечивает прием сигналов от газовых защит трансформатора и РПН.

В таблицах А2, А3 Приложения А представлен перечень уставок и параметров срабатывания шкафа защиты ШЭ2607 041073, подлежащих выбору и/или расчету и установке в терминале защиты и рассмотренных в данных методических указаниях.

Шкаф защиты может иметь два типоразмера для разных первичных схем присоединения защищаемого трансформатора к РУ ВН, СН – с мостиком или без мостика. В тех случаях, когда имеется отличие в расчете или названии параметров срабатывания, в скобках будет отмечено то, что относится к схеме с мостиком, иначе – расчеты совпадают.

Компенсация фазового сдвига и коэффициента схемы осуществляется программно, если ТТ соединены по схеме «звезда» независимо от группы соединения защищаемого трансформатора (Y/Y-0, Y₀/D-11, D/D-0). Для трансформатора с группой соединения Y₀/D-11 возможно подключение к ТТ, соединенным по схеме «треугольник» со стороны ВН. При этом программная компенсация фазового сдвига и коэффициента схемы не производится, а также при этом не работает ТЗНП, т.к. отсутствует ток нулевой последовательности.

Шкаф типа ШЭ2607 041073 выполнен с использованием двух терминалов: релейная часть первого комплекта выполнена на базе микропроцессорного терминала типа БЭ2704 041; релейная часть третьего комплекта выполнена на базе микропроцессорного терминала типа БЭ2704 073. Перед расчетом и выставлением параметров срабатывания защит необходимо произвести параметрирование этих терминалов, на базе которых реализован шкаф. Порядок параметрирования и пример приведены в Приложении В, п.1, п.2.

1.1.3 Шкаф защиты автотрансформатора ШЭ2607 042

В соответствии с руководством по эксплуатации [6] шкаф типа ШЭ2607 042 предназначен для защиты автотрансформатора с высшим напряжением 220 кВ и состоит из двух комплектов.

Первый комплект реализует функции основных и резервных защит автотрансформатора и содержит:

- дифференциальную токовую защиту автотрансформатора (ДТЗ АТ) от всех видов КЗ внутри бака АТ;
- максимальную токовую защиту стороны низшего напряжения (НН) АТ с пуском по напряжению (МТЗ НН); МТЗ НН выполняется двухступенчатой;
- защиту от перегрузки (ЗП);
- реле максимального тока для блокировки устройства РПН при перегрузке;
- токовые реле для пуска автоматики охлаждения;
- реле минимального напряжения стороны НН, реагирующее на понижение междуфазного напряжения для пуска по напряжению МТЗ НН;
- реле максимального напряжения стороны НН, реагирующее на повышение напряжения обратной последовательности для пуска по напряжению МТЗ НН;
- реле максимального напряжения стороны НН, реагирующее на увеличение напряжения нулевой последовательности для контроля изоляции стороны НН;
- контроль изоляции стороны НН;
- устройство резервирования при отказе выключателя со стороны ВН (УРОВ ВН);
- устройство резервирования при отказе выключателя со стороны СН (УРОВ СН).

Кроме того, первый комплект обеспечивает прием сигналов от

- сигнальной и отключающей ступеней газовой защиты АТ;
- газовой защиты РПН АТ;
- датчиков повышения температуры масла;
- понижения и повышения уровня масла, отсечного клапана.

Второй комплект обеспечивает прием сигналов от отключающих ступеней газовых защит АТ, РПН АТ и действует на отключение АТ через промежуточные реле.

В таблице А4 Приложения А представлен перечень уставок и параметров срабатывания шкафа защиты ШЭ2607 042, подлежащих выбору и/или расчету и установке в терминале защиты и рассмотренных в данных методических указаниях.

Аппаратно функции первого комплекта реализуются с помощью микропроцессорного терминала: типа БЭ2704 042. Второй комплект выполнен с помощью электромеханических реле, контактами которых осуществляется действие на выходную отключающую группу реле и отключение через терминал первого комплекта. Перед расчетом и выставлением параметров срабатывания защит необходимо произвести параметрирование терминала, на

базе которого реализован шкаф. Порядок параметрирования и пример приведены в Приложении В, п.1.

1.1.4 Шкаф защиты автотрансформатора и стороны НН АТ ШЭ2607 042043

В соответствии с руководством по эксплуатации [7] шкаф типа ШЭ2607 042043 предназначен для защиты автотрансформатора с высшим напряжением 220 кВ и состоит из трех комплектов.

Первый комплект реализует функции основных защит автотрансформатора и содержит:

- дифференциальную токовую защиту автотрансформатора (ДТЗ АТ) от всех видов КЗ внутри бака АТ;
- максимальную токовую защиту стороны низшего напряжения (НН) АТ с пуском по напряжению (МТЗ НН); МТЗ НН выполняется двухступенчатой;
- защиту от перегрузки (ЗП);
- реле максимального тока для блокировки устройства РПН при перегрузке;
- токовые реле для пуска автоматики охлаждения;
- реле минимального напряжения стороны НН, реагирующее на понижение междуфазного напряжения для пуска по напряжению МТЗ НН;
- реле максимального напряжения стороны НН, реагирующее на повышение напряжения обратной последовательности для пуска по напряжению МТЗ НН;
- реле максимального напряжения стороны НН, реагирующее на увеличение напряжения нулевой последовательности для контроля изоляции стороны НН;
- контроль изоляции стороны НН;
- устройство резервирования при отказе выключателя со стороны ВН (УРОВ ВН);
- устройство резервирования при отказе выключателя со стороны СН (УРОВ СН).

Кроме того, первый комплект обеспечивает прием сигналов от:

- сигнальной и отключающей ступеней газовой защиты АТ;
- сигнальной и отключающей ступеней газовой защиты РПН АТ;
- сигнальной и отключающей ступеней газовой защиты линейного регулировочного трансформатора (ЛРТ);
- датчиков повышения температуры масла;
- датчиков понижения и повышения уровня масла.

Второй комплект реализует функции основных и резервных защит ЛРТ и стороны НН автотрансформатора и содержит:

- дифференциальную токовую защиту ошиновки НН АТ от всех видов КЗ (ДЗО НН);
- максимальные токовые защиты 1 (2) и 3 (4) секций шин НН с пуском по напряжению (соответственно МТЗ НН1 и МТЗ НН3);
- логические защиты шин 1 (2) и 3 (4) секций шин НН (соответственно ЛЗШ 1СШ и ЛЗШ 3 СШ);
- защиты минимального напряжения (ЗМН) 1 (2) и 3 (4) секций шин НН, реагирующее на понижение междуфазного напряжения для пуска по напряжению МТЗ НН1 и МТЗ НН3;
- реле максимального напряжения 1 (2) и 3 (4) секций шин НН, реагирующее на повышение напряжения обратной последовательности для пуска по напряжению МТЗ НН1 и МТЗ НН3.

Третий комплект обеспечивает прием сигналов от отключающих ступеней газовых защит АТ, РПН АТ, ЛРТ и действует на отключение АТ через две группы выходных реле.

В таблицах А5, А6 Приложения А представлен перечень уставок и параметров срабатывания шкафа защиты ШЭ2607 042043, подлежащих выбору и/или расчету и установке в терминале защиты и рассмотренных в данных методических указаниях.

Аппаратно функции первого и второго комплектов реализуются с помощью двух микропроцессорных терминалов: типа БЭ2704 042 для первого комплекта и типа БЭ2704 043 – для второго комплекта. Третий комплект выполнен с помощью электромеханических реле, контактами которых осуществляется действие на выходную отключающую группу реле и отключение через терминал первого комплекта. Перед расчетом и выставлением параметров срабатывания защит необходимо произвести параметрирование этих терминалов, на базе которых реализован шкаф. Порядок параметрирования и пример приведены в Приложении В, п.1, п.2.

1.1.5 Шкафы ШЭ2710 542, ШЭ2710 542543, ШЭ2710 544, входящие в состав основных защит автотрансформаторов с ВН 330 кВ и выше

В соответствии с руководством по эксплуатации [8] шкафы типа ШЭ2710 542, ШЭ2710 542543 и ШЭ2710 544 предназначены для защиты автотрансформатора с высшим напряжением 330 кВ и выше. Комплекс основных защит АТ предназначен для защиты трехфазных и групп однофазных автотрансформаторов с высшим напряжением 500 (330)-750 кВ.

Если защищаемый АТ имеет на стороне НН линейный регулировочный трансформатор (ЛРТ), либо разветвленную ошиновку стороны НН, то в состав комплекса входят шкафы ШЭ2710 542543 и ШЭ2710 544. Если защищаемый АТ не имеет ошиновки на стороне НН, то в состав комплекса входят шкафы ШЭ2710 542 и ШЭ2710 544.

Шкаф ШЭ2710 542543 состоит из двух комплектов. Первый комплект реализует функции основных и резервных защит автотрансформатора и содержит:

- дифференциальную токовую защиту АТ (ДТЗ АТ) от всех видов КЗ внутри бака;
- устройство контроля изоляции высоковольтных маслонаполненных вводов (КИВ) стороны ВН АТ;
- максимальную токовую защиту стороны низшего напряжения (НН) АТ с пуском по напряжению НН;
- токовую отсечку цепей НН;
- защиту от перегрузки;
- реле максимального тока для блокировки РПН при перегрузке;
- токовые реле для пуска автоматики охлаждения;
- реле минимального напряжения стороны НН, реагирующее на понижение междуфазного напряжения для пуска по напряжению МТЗ НН;
- реле максимального напряжения стороны НН, реагирующее на повышение напряжения обратной последовательности для пуска по напряжению МТЗ НН;
- реле максимального напряжения стороны НН, реагирующее на увеличение напряжения нулевой последовательности для контроля изоляции стороны НН АТ;
- устройство резервирования при отказе выключателя со стороны СН;
- контроль отсутствия напряжения (КОН) на АТ для разрешения пуска автоматики пожаротушения.

Кроме того, первый комплект обеспечивает прием сигналов от:

- датчиков повышения температуры масла в АТ;
- датчиков повышения температуры масла в ЛРТ;
- датчиков срабатывания отсечных клапанов АТ.

Второй комплект реализует функции основных и резервных защит ЛРТ и стороны НН АТ и содержит:

- дифференциальную токовую защиту цепей стороны НН АТ (ошиновки) от всех видов КЗ (ДЗО НН);
- максимальные токовые защиты 1 (2) и 3 (4) секций шин НН с пуском по напряжению (соответственно МТЗ НН1 и МТЗ НН3);
- логические защиты шин 1 (2) и 3 (4) секций шин НН (соответственно ЛЗШ 1 СШ и ЛЗШ 3 СШ);
- защиты минимального напряжения 1 (2) и 3 (4) секций шин НН (соответственно ЗМН НН1, ЗМН НН3);
- реле минимального напряжения 1 (2) и 3 (4) секций шин НН, реагирующее на понижение междуфазного напряжения для пуска по напряжению МТЗ НН1 и МТЗ НН3;

- реле максимального напряжения 1 (2) и 3 (4) секций шин НН, реагирующее на повышение напряжения обратной последовательности для пуска по напряжению МТЗ НН1 и МТЗ НН3;
- реле тока УРОВ НН;
- реле тока автоматики охлаждения ЛРТ;
- реле тока блокировки РПН ЛРТ.

Шкаф ШЭ2710 542 содержит один комплект, аналогичный первому комплекту шкафа ШЭ2710 542543.

Шкаф ШЭ2710 544 содержит:

- вторую (дублирующую) ДТЗ АТ;
- МТЗ НН с пуском по напряжению;
- токовую отсечку;
- прием сигналов от сигнальных и отключающих ступеней газовых защит АТ, РПН АТ, контактора РПН АТ, ЛРТ, от датчиков повышения и понижения уровня масла в АТ и от датчиков понижения уровня масла в ЛРТ;
- контроль отсутствия напряжения (КОН) на АТ.

Для АТ с напряжением стороны СН 500 кВ шкаф ШЭ2710 544 может быть дополнен устройством КИВ СН.

В таблицах А7, А8, А9 Приложения А представлен перечень уставок и параметров срабатывания шкафов защиты ШЭ2710 542, ШЭ2710 542543 и ШЭ2710 544, подлежащих выбору и/или расчету и установке в терминалах защиты и рассмотренных в данных методических указаниях.

Компенсация фазового сдвига и коэффициента схемы осуществляется программно, если ТТ соединены по схеме «звезда» независимо от группы соединения защищаемого трансформатора (Y/Y-0, Y/D-11, D/D-0). Для трансформатора с группой соединения Y/D-11 возможно подключение к ТТ, соединенным по схеме «треугольник». При этом программная компенсация фазового сдвига и коэффициента схемы не производится, а также при этом не работает ТЗНП, т.к. отсутствует ток нулевой последовательности.

Аппаратно функции первого и второго комплектов шкафа ШЭ2710 542543 реализуются с помощью двух микропроцессорных терминалов: типа БЭ2704 542 для первого комплекта и типа БЭ2704 543 – для второго комплекта. Шкаф ШЭ2710 542 выполнен с использованием терминала БЭ2704 542. Первый комплект шкафа ШЭ2710 544 выполнен с помощью терминала БЭ2704 544, а второй комплект выполнен с помощью электромеханических реле, контактами которых осуществляется действие на дискретный входы терминала БЭ2704 544 первого комплекта и действие на отключение через выходные отключающие группы шкафа ШЭ2710 542543 (ШЭ2710 542) и шкафа резервных защит АТ типа ШЭ2710 572071 (ШЭ2710 572072). Перед расчетом и выставлением параметров срабатывания защит необходимо произвести параметрирование этих терминалов, на базе

которых реализованы шкафы. Порядок параметрирования и пример приведены в Приложении В, п.1, п.2.

1.2 Газовые защиты трансформатора (автотрансформатора)

Газовая защита используется в качестве основной чувствительной защиты от замыканий внутри кожуха защищаемого трансформатора (автотрансформатора), сопровождающихся выделением газа, а также при резком понижении уровня масла.

Основными достоинствами газовой защиты являются простота её устройства, высокая чувствительность, малое время действия при значительных повреждениях, действие на сигнал или отключение в зависимости от степени повреждения.

Требования к микропроцессорным устройствам таковы, что они должны обеспечивать отключение и/или действие на сигнализацию от газовых защит защищаемого силового оборудования, газовых защит устройства РПН (в том числе от струйного реле защиты РПН, защиты контактора РПН), линейного добавочного трансформатора и его устройства РПН, от технологических защит трансформатора и АТ. Также микропроцессорные устройства должны обеспечивать прием сигналов от различных датчиков, таких, как повышения температуры масла, повышения и понижения уровня масла, неисправности цепей охлаждения.

В шкафах защиты обеспечивается прием сигналов от:

- сигнальной и отключающей ступеней газовой защиты трансформатора (ГЗТ);
- газовой защиты устройства РПН трансформатора (ГЗ РПН).

1.3 Продольная дифференциальная токовая защита трансформатора (автотрансформатора)

Продольная дифференциальная защита трансформатора (автотрансформатора) используется в качестве основной защиты от внутренних повреждений и от повреждений на выводах. Должно быть обеспечено несрабатывание защиты при бросках тока намагничивания.

Допускается для дифференциальной защиты использование ТТ, встроенных в вводы силового трансформатора, при наличии защиты, обеспечивающей отключение (с требуемым быстродействием) КЗ в соединениях трансформатора со сборными шинами.

В зону действия продольной дифференциальной токовой защиты трансформатора (автотрансформатора) может входить также токоограничивающий реактор.

На сегодняшний день в большинстве микропроцессорных защит реализована функция продольной дифференциальной защиты с торможением.

В защитах НПП «ЭКРА» реализованы функции ДТЗ Т (АТ), ошиновки НН Т (АТ), которые выполнены пофазными и содержат чувствительный токовый орган с тормозной характеристикой и дифференциальную отсечку.

ДТЗ срабатывает при всех видах КЗ в зоне действия защиты.

Упрощенная функциональная схема ДТЗ, показанная на рисунке 1.1, состоит из нескольких функциональных частей:

- формирователя дифференциального и тормозного сигналов (ФДТС);
- чувствительного дифференциального токового органа;
- дифференциальной отсечки;
- органа блокировки при бросках тока намагничивания.

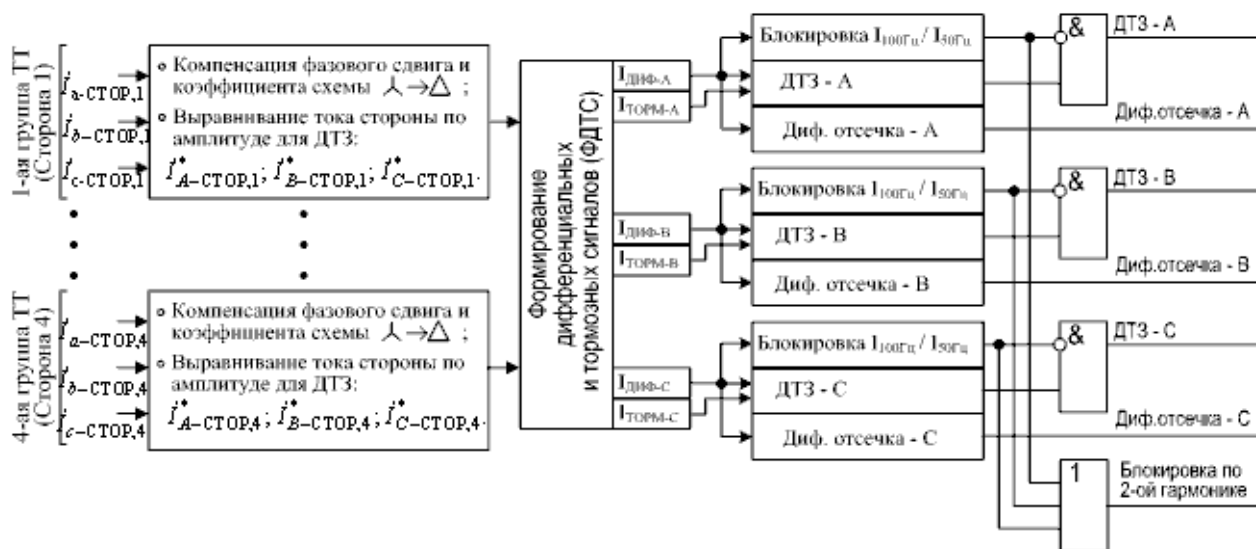


Рисунок 1.1 – Упрощенная функциональная схема ДТЗ

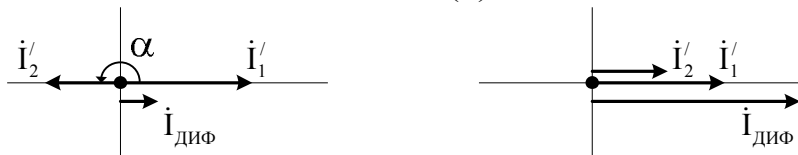
Формирование дифференциального и тормозного тока производится для каждой фазы, как показано на рисунке 1.1. ФДТС выбирает из токов сторон, участвующих в формировании дифференциального и тормозного тока, наибольший и присваивает ему название I'_1 . Из суммы оставшихся токов сторон получается ток I'_2 . Таким образом для фазы А имеем:

$$I'_{1,A} = \max \{ I_{A-стор,1}^*, I_{A-стор,2}^*, I_{A-стор,3}^*, I_{A-стор,4}^* \}, \quad (1.1)$$

$$I'_{2,A} = I_{A-стор,1}^* + I_{A-стор,2}^* + I_{A-стор,3}^* + I_{A-стор,4}^* - I'_{1,A}. \quad (1.2)$$

Для фаз В и С выражения будут иметь аналогичный вид.

На рисунке 1.2 показано расположение векторов I'_1 и I'_2 при внешнем КЗ (а) и при КЗ в зоне действия защиты (б).



а) Внешнее КЗ ($\alpha = 180^\circ$)

б) КЗ в зоне ($\alpha = 0^\circ$)

Рисунок 1.2 – Расположение векторов I'_1 и I'_2 в различных режимах КЗ

Дифференциальный ток в терминалах БЭ2704 защит Т (АТ) и ошиновки НН Т (АТ) определяется по выражению:

$$I_{\text{диф}} = | I'_1 + I'_2 | = | I_{\text{стор,1}}^* + I_{\text{стор,2}}^* + I_{\text{стор,3}}^* + I_{\text{стор,4}}^* |. \quad (1.3)$$

Тормозной ток в терминалах БЭ2704 защит Т (АТ) и ошиновки НН Т (АТ) в зависимости от угла между токами \dot{I}'_1 и \dot{I}'_2 определяется по выражению:

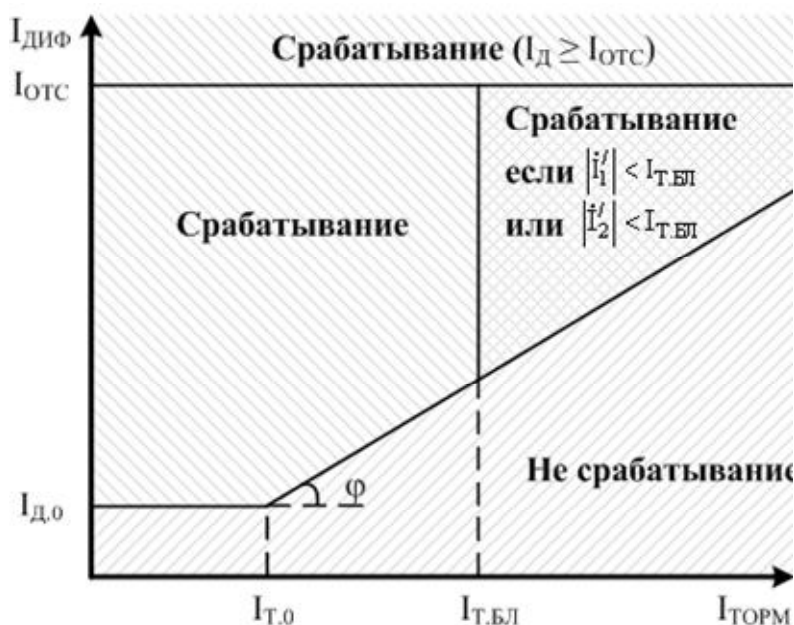
$$I_{\text{ТОРМ}} = \sqrt{|\dot{I}'_1| \cdot |\dot{I}'_2| \cdot \cos(180^\circ - \alpha)} \quad \text{если } 90^\circ < \alpha < 270^\circ,$$

$$I_{\text{ТОРМ}} = 0 \quad \text{если } -90^\circ < \alpha < 90^\circ \text{ или } \dot{I}'_2 = 0,$$
(1.4)

где α – угол между векторами токов \dot{I}'_1 и \dot{I}'_2 .

Дифференциальная защита трансформатора содержит чувствительное реле и дифференциальную отсечку.

Под чувствительным реле понимается дифференциальная защита с торможением, характеристика срабатывания которой показана на рисунке 1.3 и определяется параметрами срабатывания, приведенными в таблицах А1–А9 Приложения А.



- $I_{\text{д.о}}$ – начальный ток срабатывания ДТЗ;
- $I_{\text{т.о}}$ – ток начала торможения ДТЗ;
- $I_{\text{т.бл}}$ – ток торможения блокировки ДТЗ;
- $K_{\text{т}} = \text{tg } \varphi$ – коэффициент торможения ДТЗ;
- $I_{\text{отс}}$ – ток срабатывания дифференциальной отсечки

Рисунок 1.3 – Характеристика срабатывания дифференциальной защиты с торможением

Чувствительное реле ДТЗ имеет токозависимую характеристику и сработает, если $I_{\text{диф}} \geq I_{\text{ср.дтз}}$, при этом ток срабатывания ДТЗ определяется по выражению:

$$I_{\text{ср.дтз}} = I_{\text{д.о}} + K_{\text{т}} \cdot (I_{\text{ТОРМ}} - I_{\text{т.о}}), \quad \text{если } I_{\text{ТОРМ}} > I_{\text{т.о}},$$

$$I_{\text{ср.дтз}} = I_{\text{д.о}}, \quad \text{если } I_{\text{ТОРМ}} \leq I_{\text{т.о}},$$
(1.5)

где $I_{\text{ср.дтз}}$ – ток срабатывания чувствительного реле ДТЗ;

$I_{Д.0}$ – минимальный ток срабатывания. Для терминала защиты Т (АТ) регулируется в диапазоне от 0,2 до 1,0 $I_{БАЗ.СТОП}$ с шагом 0,01;

$I_{ТОРМ}$ – тормозной ток;

$I_{Т.0}$ – начальный ток торможения, определяет длину горизонтального участка тормозной характеристики. Для терминала защиты Т (АТ) регулируется в диапазоне от 0,60 до 1,00 $I_{БАЗ.СТОП}$ с шагом 0,01;

K_T – коэффициент торможения. Для терминала защиты Т (АТ) регулируется в диапазоне от 0,20 до 0,70 с шагом 0,01.

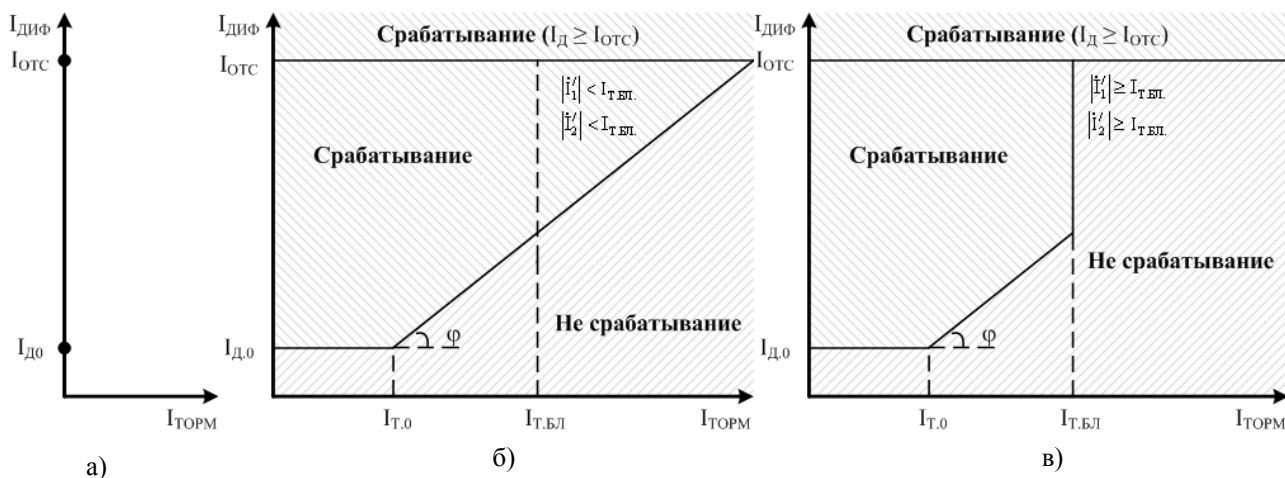
При тормозном токе $I_{ТОРМ} \geq I_{Т.БЛ}$ (ток торможения блокировки) характеристика срабатывания ДТЗ Т (АТ) изменяется:

если $I'_1 \geq I_{Т.БЛ}$ и $I'_2 \geq I_{Т.БЛ}$ – ДТЗ Т (АТ) блокируется;

если $I'_1 < I_{Т.БЛ}$ или $I'_2 < I_{Т.БЛ}$ – наклон характеристики срабатывания ДТЗ Т (АТ) определяется коэффициентом торможения.

Ток торможения блокировки $I_{Т.БЛ}$ изменяется в диапазоне от 1,50 до 3,00 от базисного тока стороны $I_{БАЗ.СТОП}$ с шагом 0,01.

На рисунке 1.4 приведены характеристики срабатывания ДТЗ Т (АТ) при различных КЗ.



а) КЗ в зоне действия;

б) КЗ в зоне действия при токе нагрузки (витковое замыкание);

в) Внешнее КЗ

Рисунок 1.4 – Характеристики срабатывания ДТЗ при в различных КЗ

Дифференциальная отсечка предназначена для быстрого отключения тяжелых повреждений с большим током КЗ в зоне действия защиты. Отсечка отстраивается от БТН по току срабатывания ($I_{отс}$), который изменяется в диапазоне от 6,50 до 12,00 $I_{БАЗ.СТОП}$ с шагом 0,01.

Коэффициент возврата ДТЗ равен 0,6.

Время срабатывания ДТЗ при двукратном и более по отношению к току срабатывания не более 0,03 с. Время возврата не более 0,03 с.

Для ДТЗ Т (АТ), ошиновки НН Т (АТ) выбираются параметры срабатывания:

- ток срабатывания ДТЗ ($I_{Д.0}$);
- ток начала торможения ДТЗ ($I_{Т.0}$);
- ток торможения блокировки ДТЗ ($I_{Т.БЛ}$);
- коэффициент торможения ДТЗ (K_T);
- уровень блокировки по 2-й гармонике ДТЗ ($K_{БЛ.2}$);
- ток срабатывания дифференциальной отсечки ($I_{ОТС}$).

1.3.1 Выбор тока начала торможения ДТЗ

Ток начала торможения ДТЗ $I_{Т.0}$ задается в относительных единицах от базисного тока защищаемого объекта в диапазоне от 0,60 до 1,00 от $I_{БАЗ}$ с шагом 0,01.

Ток начала торможения ДТЗ $I_{Т.0}$ рекомендуется принимать равным $I_{Т.0} = 1,0$ (рисунок 1.3).

В шкафах защиты трансформатора ШЭ2607 041, ШЭ2607 041073 и автотрансформатора ШЭ2710 542, ШЭ2710 544 ток начала торможения ДТЗ $I_{Т.0}$ обозначается «**Ито ДЗТ**»; в шкафах защиты ШЭ2607 042, ШЭ2607 042043 – «**Ито ДЗТ АТ**».

В шкафах защиты автотрансформатора ШЭ2607 042043, ШЭ2710 542543 ток начала торможения ДЗО НН выбирается аналогично, обозначается «**Ит0 ДЗО НН**» и задается в относительных единицах от базисного тока с высшей стороны защищаемого объекта в диапазоне от 0,60 до 1,00 с шагом 0,01.

1.3.2 Расчет минимального тока срабатывания ДТЗ

Минимальный ток срабатывания ДТЗ на горизонтальном участке характеристики (рисунок 1.3) $I_{Д.0}$ при отсутствии торможения определяется по условию отстройки от тока небаланса в переходном режиме работы защищаемого трансформатора при малых сквозных токах (внешнее КЗ с низким уровнем токов КЗ) и рассчитывается по выражению:

$$I_{Д.0} \geq K_{ОТС} \cdot I_{НБ.РАСЧ*}, \quad (1.6)$$

где $K_{ОТС}$ – коэффициент отстройки, учитывающий погрешности измерительного органа, ошибки расчета и необходимый запас, и может быть принят из диапазона от 1,1 до 1,3;

$I_{НБ.РАСЧ*}$ – относительный ток небаланса в переходном режиме работы защищаемого трансформатора при малых сквозных токах (внешнее КЗ с низким уровнем токов КЗ), определяемый по выражению:

$$I_{НБ.РАСЧ*} = (K_{ОДН} \cdot K_{ПЕР} \cdot \varepsilon + \Delta U_{РПН} + \Delta f_{ВЫР} + \Delta f_{ПТТ}) \cdot I_{Т.0,РАСЧ}, \quad (1.7)$$

где $K_{ПЕР}$ – коэффициент, учитывающий переходный процесс, в соответствии с [2] следует принимать: $K_{ПЕР} = (1,5 \div 2,5)$ – при использовании на разных сторонах защищаемого трансформатора (автотрансформатора)

однотипных трансформаторов тока (только встроенных или только выносных); $K_{\text{ПЕР}} = (2 \div 3)$ – при использовании на разных сторонах защищаемого трансформатора (автотрансформатора) разнотипных трансформаторов тока. При этом меньшие значения $K_{\text{ПЕР}}$ принимаются при одинаковой схеме соединения ТТ защиты на разных сторонах (например, в звезду), а большее значение – при разных схемах соединения ТТ защиты (на одной из сторон в звезду, на других – в треугольник);

$K_{\text{ОДН}}$ – коэффициент однотипности трансформатора тока; для трансформаторов и автотрансформаторов значение $K_{\text{ОДН}}$ следует всегда принимать равным 1;

ε – относительное значение полной погрешности ТТ в режиме, соответствующем установившемуся КЗ. В соответствии с [18] полная погрешность для ТТ 5Р и 10Р составляет 0,05 и 0,10 соответственно;

$\Delta U_{\text{РПН}}$ – относительная погрешность, обусловленная наличием РПН, принимается равной большему значению диапазона регулирования $\Delta U_{\text{РПН}} = \max(\Delta U_{\text{РПН,МАХ}}; \Delta U_{\text{РПН,МИН}})$ (например, при регулировочном диапазоне (+10%,-8%), $\Delta U_{\text{РПН}} = \max(10; 8) = 10$). Если РПН не используется, то $\Delta U_{\text{РПН}} = 0$, но расчет базисных токов должен производиться с использованием значения напряжения среднего вывода обмотки с РПН и используемого вывода обмотки с регулированием напряжения путем переключения числа витков обмоток без возбуждения (ПБВ);

$\Delta f_{\text{ВЫР}}$ – относительная погрешность выравнивания токов плеч. Данная погрешность определяется погрешностями входных ТТ и аналого-цифровыми преобразователями терминала. Может быть принята равной $\Delta f_{\text{ВЫР}} = 0,02$;

$\Delta f_{\text{ПТТ}}$ – относительная погрешность выравнивания внешнего трансформатора или автотрансформатора (АТ-31 или АТ-32), используемого для выравнивания значения базисного тока соответствующей стороны, если он выходит за пределы диапазона от 0,251 до 16,000 А. Токовая погрешность выравнивания внешних выравнивающих автотрансформаторов АТ-31, АТ-32 не превышает 5% ($\Delta f_{\text{ПТТ}} = 0,05$) при подключении цепей защиты ко вторичной обмотке выравнивающих автотрансформаторов, по данным завода-изготовителя;

$I_{\text{Т,0,РАСЧ}}$ – расчетное значение тока начала торможения, в качестве которого принимается принятое значение уставки (фирмой «ЭКРА» рекомендуется вне зависимости от принятого значения уставки принимать данное расчетное значение $I_{\text{Т,0,РАСЧ}}$ равным 1).

Примечание – Величины погрешностей взяты в соответствии с документацией завода-изготовителя промежуточных автотрансформаторов АТ-31 и АТ-32 («ЧЭАЗ»). Изготовителем также регламентируется угловая погрешность, которая составляет менее 1 градуса. Поэтому полная погрешность (по модулю и по углу) принимается равной 0,05.

Минимальный ток срабатывания $I_{\text{Д,0}}$ должен приниматься не менее 0,2.

Минимальный ток срабатывания ДТЗ $I_{Д.0}$ рассчитывается и задается в относительных единицах от базисного тока защищаемого объекта с высшей стороны в диапазоне от 0,20 до 1,00 от $I_{БАЗ.ВН}$ ($I_{БАЗ.ВН1}$) с шагом 0,01.

В шкафах защиты трансформатора ШЭ2607 041, ШЭ2607 041073 и автотрансформатора ШЭ2710 542, ШЭ2710 544 минимальный ток срабатывания ДТЗ $I_{Д.0}$ обозначается «**Иср ДЗТ**»; в шкафах защиты автотрансформатора ШЭ2607 042, ШЭ2607 042043 – «**Иср ДЗТ АТ**».

В шкафах защиты автотрансформатора ШЭ2607 042043, ШЭ2710 542543 минимальный ток срабатывания ДЗО НН рассчитывается аналогично – по выражению (1.6), обозначается «**Иср ДЗО НН**» и задается в относительных единицах от базисного тока защищаемого объекта с высшей стороны в диапазоне от 0,20 до 1,00 от $I_{БАЗ.ВН}$ ($I_{БАЗ.ВН1}$) с шагом 0,01.

Примечание – Если ДЗО охватывает токоограничивающий реактор, то отстройка ведется от номинального тока реактора, и в расчетах берется ток КЗ за реактором. Если ДЗО не охватывает токоограничивающий реактор, то отстройка и расчет аналогичны расчету ШЭ2607 051 (см.п.3.2).

1.3.3 Расчет тока торможения блокировки ДТЗ

Ток торможения блокировки $I_{Т.БЛ}$ определяет переключение характеристики срабатывания ДТЗ с наклонного участка на вертикальный:

– если $I'_1 \geq I_{Т.БЛ}$ и $I'_2 \geq I_{Т.БЛ}$ – ДТЗ блокируется;

– если $I'_1 < I_{Т.БЛ}$ или $I'_2 < I_{Т.БЛ}$ – наклон характеристики срабатывания ДТЗ определяется коэффициентом торможения.

Ток торможения блокировки $I_{Т.БЛ}$ определяется отстройкой от максимально возможного сквозного тока нагрузки Т (АТ). Наибольшее значение сквозной ток нагрузки достигает при действии АВР секционного выключателя или АПВ питающих линий. Ток торможения блокировки может быть принят равным

$$I_{Т.БЛ} = K_{ОТС} \cdot K_{ПРЕД.НАГР} \cdot I_{НОМ*}, \quad (1.8)$$

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

$K_{ПРЕД.НАГР}$ – коэффициент, определяющий предельную нагрузочную способность Т (АТ) в зависимости от его мощности [21], принимается из диапазона от 1,5 до 2,0: $K_{ПРЕД.НАГР} = 1,5$ – для Т (АТ) большой мощности; $K_{ПРЕД.НАГР} = 1,8$ – для Т (АТ) средней мощности; $K_{ПРЕД.НАГР} = 2,0$ – для распределительных Т;

$I_{НОМ*}$ – относительный номинальный ток Т (АТ), определяемый по выражению:

$$I_{НОМ*} = \frac{I_{НОМ,НАГР}}{I_{БАЗ,СТОП}} \cdot \frac{K_{СХ,ТТ,СТОП}}{K_{ТТ,СТОП}}, \quad (1.9)$$

где $I_{НОМ,НАГР}$ – максимально возможный сквозной ток нагрузки Т (АТ);

$I_{БАЗ,СТОП}$ – базисный ток соответствующей стороны Т (АТ);

$K_{ТТ,СТОП}$ – коэффициент трансформации ТТ, соответствующей стороны Т (АТ), ошиновки НН Т (АТ);

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

В расчете тока торможения блокировки в определении коэффициента предельной нагрузочной способности Т (АТ) $K_{ПРЕД,НАГР}$ используются понятия «большой» и «средней мощности» трансформатора, под которыми, согласно [22], подразумевается:

– трансформаторы большой мощности – это трансформаторы мощностью более 100 МВ·А (трехфазный) или с предельным сопротивлением короткого замыкания, превышающим значение, рассчитываемое по выражению (1.10).

– трансформаторы средней мощности – это трехфазные трансформаторы номинальной мощностью не более 100 МВА или однофазные номинальной мощностью не более 33,3 МВА с отдельными обмотками, в которых сопротивление короткого замыкания Z_r (в процентах) вследствие ограничений плотности потока рассеяния не превышает значения

$$Z_r = \left(25 - 0,1 \frac{3S_r}{W} \right), \quad (1.10)$$

где W – количество стержней;

S_r – номинальная мощность, МВА.

– распределительные трансформаторы – это трехфазные трансформаторы номинальной мощностью не более 2500 кВА или однофазные номинальной мощностью не более 833 кВА классов напряжения до 35 кВ включительно. (То есть понижающие трансформаторы с отдельными обмотками и напряжением распределительной сети, с охлаждением *ОН*, где циркуляция масла в обмотке осуществляется термосифоном, и без переключения ответвлений обмоток под нагрузкой.)

Ток торможения блокировки задается в относительных единицах от базисного тока защищаемого объекта ($I_{БАЗ}$) в диапазоне от 1,2 до 3,0 с шагом 0,1.

В шкафах защиты трансформатора ШЭ2607 041, ШЭ2607 041073 и автотрансформатора ШЭ2710 542, ШЭ2710 544 ток торможения блокировки ДТЗ обозначается «**It max ДЗТ**»; в шкафах защиты ШЭ2607 042, ШЭ2607 042043 – «**It max ДЗТ АТ**».

В шкафах защиты автотрансформатора ШЭ2607 042043, ШЭ2710 542543 ток торможения блокировки ДЗО НН рассчитывается аналогично по выражению (1.8). Ток для ошиновки НН при этом обозначается «**It max ДЗО НН**» и задается в относительных единицах от базисного тока защищаемого объекта с высшей стороны в диапазоне от 1,2 до 3,0 с шагом 0,1.

Примечание – Если ДЗО охватывает токоограничивающий реактор, то отстройка ведется от номинального тока реактора, и в расчетах берется ток КЗ за реактором. Если ДЗО не охватывает токоограничивающий реактор, то отстройка и расчет аналогичны расчету ШЭ2607 051 (см.п.3.2).

1.3.4 Расчет коэффициента торможения ДТЗ

Коэффициент торможения определяет отстройку ДТЗ от внешних КЗ. Под коэффициентом торможения понимается отношение приращения дифференциального тока ($I_{Д}$) к приращению тормозного тока ($I_{Т}$). С помощью правильного выбора коэффициента торможения обеспечивается несрабатывание ДТЗ Т (АТ) в диапазоне значений тормозного тока от $I_{Т,0}$ до $I_{Т,БЛ}$.

Значение коэффициента торможения рекомендуется рассчитывать по выражению:

$$K_{Т} \geq \frac{K_{ОТС} \cdot I_{НБ} - I_{Д,0}}{I_{Т} - I_{Т,0}}, \quad (1.11)$$

где $K_{ОТС}$ – коэффициент отстройки, принимаемый из диапазона от 1,1 до 1,3;

$I_{Д,0}$ – принятое значение минимального тока срабатывания;

$I_{Т,0}$ – принятое значение тока начала торможения;

$I_{НБ}$ – расчетный ток небаланса, вызванный протеканием по защищаемому Т (АТ), ошиновке НН Т (АТ) сквозного тока и рассчитываемый по выражению:

$$I_{НБ} = (K_{ПЕР} \cdot K_{ОДН} \cdot \varepsilon + \Delta U_{РПН} + \Delta f_{ВЫР} + \Delta f_{ПТТ}) \cdot I_{СКВ*},$$

где ε – относительное значение полной погрешности ТТ в режиме КЗ. В соответствии с [18] для ТТ 10Р погрешность принимается – 0,1, а для ТТ 5Р – 0,05;

$I_{СКВ*}$ – максимальное значение тока, равное току внешнего металлического КЗ, приведенное к базисному току стороны внешнего КЗ, определяемый по выражению $I_{СКВ*} = \frac{I_{КЗ,МЕ,СТОП}}{I_{БАЗ,СТОП}} \cdot \frac{K_{СХ,ТТ,СТОП}}{K_{ТТ,СТОП}}$, где $I_{\text{ÉÇ,ÌÀ, ÑÒÌÐ}}$ – ток внешнего металлического КЗ;

$I_{Т}$ – расчетный тормозной ток, определяемый по выражению:

$$I_{Т} = \sqrt{I_{СКВ*} \cdot (I_{СКВ*} - I_{НБ}) \cdot \cos \beta}, \quad (1.12)$$

где $\beta = 180 - \alpha$, а α – угол между векторами токов $I_{СКВ*}$ и $(I_{СКВ*} - I_{НБ})$. В проектных расчетах может быть принят $\beta = (10 \div 20)^\circ$.

Коэффициенты $K_{ПЕР}$, $K_{ОДН}$, $\Delta U_{РПН}$, $\Delta f_{ВЫР}$, $\Delta f_{ПТТ}$ принимаются из выражения (1.7).

Коэффициент торможения задается в относительных единицах в диапазоне от 0,2 до 0,7 с шагом 0,1.

В шкафах защиты трансформатора ШЭ2607 041, ШЭ2607 041073 и автотрансформатора ШЭ2710 542, ШЭ2710 544 коэффициент торможения ДТЗ обозначается «Кт ДЗТ»; в шкафах защиты ШЭ2607 042, ШЭ2607 042043 – «Кт ДЗТ АТ».

В шкафах защиты автотрансформатора ШЭ2607 042043, ШЭ2710 542543 коэффициент торможения ДЗО НН рассчитывается

аналогично, обозначается «Кт ДЗО НН» и задается в относительных единицах в диапазоне от 0,2 до 0,7 с шагом 0,1.

Примечание – Если ДЗО охватывает токоограничивающий реактор, то отстройка ведется от номинального тока реактора, и в расчетах берется ток КЗ за реактором. Если ДЗО не охватывает токоограничивающий реактор, то отстройка и расчет аналогичны расчету ШЭ2607 051 (см.п.3.2).

1.3.5 Выбор параметра срабатывания блокировки по второй гармонике

Для предотвращения ложной работы ДТЗ Т (АТ) при БТН в момент включения трансформатора под напряжение, а также для дополнительной отстройки защиты от тока небаланса переходного режима внешнего КЗ (когда увеличенная погрешность ТТ, обусловленная насыщением, приводит к появлению второй гармонической составляющей тока) выполнена блокировка защиты по превышению отношения тока второй гармонической составляющей к току промышленной частоты – $K_{БЛ.2} = I_{Д.100Гц} / I_{Д.50Гц}$.

По опыту эксплуатации рекомендуется параметр срабатывания блокировки по второй гармонике $K_{БЛ.2}$ для защит трансформаторов выбирать на уровне 0,10, для защит автотрансформаторов выбирать на уровне 0,15.

Параметр срабатывания $K_{БЛ.2}$ задается в относительных единицах в диапазоне от 0,08 до 0,15 с шагом 0,01.

В шкафах защиты трансформатора ШЭ2607 041, ШЭ2607 041073 и автотрансформатора ШЭ2607 042, ШЭ2607 042043, ШЭ2710 542, ШЭ2710 542543, ШЭ2710 544 параметр срабатывания по уровню блокировки по второй гармонике $K_{БЛ.2}$ обозначается «Кбл по 2гар».

1.3.6 Расчет тока срабатывания дифференциальной отсечки

Для исключения замедления работы ДТЗ Т (АТ) при больших токах внутреннего повреждения, обусловленного работой органа блокировки по второй гармонике вследствие значительного содержания второй гармоники дифференциального тока при насыщении ТТ, предусмотрена вторая грубая ступень защиты без блокировки по второй гармонической составляющей тока.

Ток срабатывания дифференциальной отсечки должен выбираться исходя из двух условий:

– отстройки от броска тока намагничивания силового трансформатора $I_{ОТС*} \geq 6,5$;

– отстройки от максимального первичного тока небаланса при переходном режиме расчетного внешнего КЗ по выражению

$$I_{ОТС*} = 1,5 \cdot I_{КЗ*} \cdot (K_{ПЕР} \cdot K_{ОДН} \cdot \varepsilon + \Delta U_{РПН} + \Delta f_{ВЫР} + \Delta f_{ПТТ}), \quad (1.13)$$

где $I_{КЗ*}$ – максимальное значение тока, равное току внешнего металлического КЗ и приведенное к базисному току стороны этого внешнего

КЗ, определяется по выражению $I_{КЗ*} = \frac{I_{КЗ,МЕ,СТОП}}{I_{БАЗ,СТОП}} \cdot \frac{K_{СХ,ТТ,СТОП}}{K_{ТТ,СТОП}}$;

$K_{\text{ПЕР}}$ – коэффициент, учитывающий переходной режим, принимается равным 3,0.

Все остальные коэффициенты аналогичны коэффициентам из выражения (1.7).

Ток срабатывания принимается равным наибольшему значению из двух полученных.

Ток срабатывания задается в относительных единицах от базисного тока защищаемого объекта в диапазоне от 6,5 до 12,0 от $I_{\text{БАЗ}}$ с шагом 0,1.

В шкафах защиты трансформатора ШЭ2607 041, ШЭ2607 041073 и автотрансформатора ШЭ2607 042, ШЭ2607 042043, ШЭ2710 542, ШЭ2710 544 ток срабатывания дифференциальной отсечки обозначается «**Диф.отсеч.**».

В шкафах защиты автотрансформатора ШЭ2607 042043, ШЭ2710 542543 ток срабатывания дифференциальной отсечки (для ДЗО НН) рассчитывается аналогично, обозначается «**Диф.отсеч.**» – для ШЭ2607 042043, «**Исп.отсеч.**» – для ШЭ2710 542543.

1.4 Максимальная токовая защита с комбинированным пуском по напряжению трансформатора

Для резервирования основных защит трансформатора и резервирования отключения КЗ на шинах СН и НН предусматривается максимальная токовая защита со стороны ВН с комбинированным пуском по напряжению. При этом токовые ИО защиты питаются от ТТ на стороне ВН, ИО напряжения – от трансформаторов напряжения на стороне НН, а для трехобмоточных трансформаторов еще и на стороне СН. Если нейтраль трансформатора заземлена, то должно быть исключено неселективное действие МТЗ ВН при коротких замыканиях на землю в сети высшего напряжения. Этого можно добиться разными способами: соединением обмоток ТТ по схеме «треугольник», подключение защиты на линейные токи и др.

Для отключения КЗ на шинах НН и для резервирования защит элементов, присоединенных к этим шинам, предусматривается МТЗ НН с комбинированным пуском по напряжению. Защита подключается по токовым цепям к ТТ стороны НН трансформатора, по цепям напряжения – к ТН НН и действует на отключение выключателя НН трансформатора, а со второй выдержкой времени действует на отключение всего трансформатора.

Для отключения КЗ на шинах СН и для резервирования защит элементов, присоединенных к этим шинам, предусматривается МТЗ СН с комбинированным пуском по напряжению. Защита подключается по токовым цепям к ТТ стороны СН трансформатора, по цепям напряжения – к ТН СН и действует на отключение выключателя СН трансформатора.

При расчете параметров срабатывания измерительных органов и выдержек времени необходимо учитывать, что максимальная токовая защита должна обеспечивать селективное отключение выключателя ввода только той обмотки трансформатора, которая непосредственно питает место

повреждения. Кроме того, на трансформаторах с двухсторонним и трехсторонним питанием для обеспечения селективности МТЗ должна быть выполнена направленной.

Параметры срабатывания МТЗ выбираются по следующим условиям:

- а) по согласованию с защитами отходящих элементов сети (например, ВЛ соответствующего напряжения);
- б) по отстройке от максимального тока нагрузки;
- в) проверка согласования с МТЗ вышестоящих элементов. Это делается для того, чтобы не менять, по возможности, параметры срабатывания защит сети более высокого напряжения.

Параметры срабатывания МТЗ проверяют по чувствительности к междуфазным КЗ за трансформатором в минимальном режиме. Коэффициент чувствительности должен быть не ниже 1,5 при выполнении функций основной защиты, и не менее 1,2 при КЗ в конце зоны резервирования.

Максимальная токовая защита срабатывает в случае превышения фазным током заданного тока срабатывания I_{C3} с выдержкой времени t_{C3} .

МТЗ с комбинированным пуском по напряжению используется на подстанциях с двигательной нагрузкой. В этом случае параметры срабатывания по напряжению должны быть отстроены от посадки напряжения на секциях НН, возникающей при самозапуске двигателей. В этом случае отстройка токового ИО от кратковременных пусковых токов (токов самозапуска) не требуется. Выбранная таким образом защита оказывается чувствительной к КЗ на секциях НН.

На трансформаторах с двух и многосторонним питанием для обеспечения селективности защита выполняется направленной. Так, например, на трехобмоточном трансформаторе с питанием со стороны ВН и СН максимальная токовая защита со стороны СН должна быть выполнена направленной в сеть с выдержкой времени, меньшей выдержки времени МТЗ ВН, и ненаправленной с выдержкой времени, большей выдержек времени МТЗ ВН и МТЗ НН.

Максимальная токовая защита выполняется трехфазной и содержит:

- максимальный измерительный орган тока, при этом для МТЗ НН1 и МТЗ НН2 предусмотрено по две ступени;
- выдержки времени для действия на различные выключатели стороны ВН трансформатора.

Измерительные органы тока МТЗ ВН и МТЗ СН включаются:

- на расчетные линейные токи, полученные из фазных токов «звезды» и умноженные на величину $(1/\sqrt{3})$, при присоединении ТТ со стороны ВН в «звезду» при схеме соединения трансформатора Y/D-11, т.е. коэффициент схемы ТТ равен $K_{CX} = 1$;

– на линейные токи при соединении главных ТТ стороны ВН в «треугольник» при схеме соединения трансформатора Y/D-11, т.е. коэффициент схемы ТТ равен $K_{СХ} = \sqrt{3}$;

– на линейные токи при соединении главных ТТ стороны ВН в «звезду» при схеме соединения трансформатора D/D-0, т.е. коэффициент схемы ТТ равен $K_{СХ} = 1$.

При этом обеспечивается компенсация тока нулевой последовательности (во всех приведенных случаях включения ИО тока).

МТЗ СН может выполняться с контролем направленности или без контроля. Для обеспечения направленности МТЗ СН используется орган направления мощности (ОНМ), который работает по направлению мощности прямой последовательности. Характеристика работы реле направления мощности приведена на рисунке 1.5.

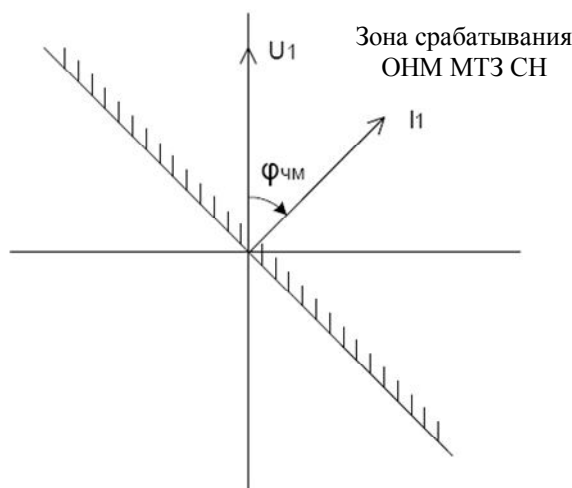


Рисунок 1.5 – Характеристика срабатывания ОНМ МТЗ СН

1.4.1 Расчет максимальной токовой защиты

Расчет максимальной токовой защиты производится в следующем порядке:

а) производится расчет тока срабатывания МТЗ без пуска по напряжению по выражению (1.14), а также по условиям (1.15) и/или (1.16). Значение тока срабатывания принимается равным наибольшему значению из полученных;

б) производится проверка чувствительности по выражению (1.18). По результатам проверки могут быть следующие варианты дальнейших расчетов:

1) если чувствительность оказывается достаточной, то делают вывод об отсутствии необходимости в использовании комбинированного пуска по напряжению и переходят к расчету выдержки времени (см. ниже пункт г);

2) если чувствительность оказывается недостаточной, то делают вывод о необходимости использования комбинированного пуска по напряжению. В этом случае ток срабатывания рассчитывают по условию

(1.17). Значение тока срабатывания принимается равным наибольшему значению из рассчитанных по выражениям (1.15), (1.16), (1.17). Затем проверяют чувствительность полученного значения параметра срабатывания ИО тока МТЗ с пуском по напряжению по выражению (1.18);

в) производится расчет напряжения срабатывания минимального реле напряжения $U_{С.З}$ и проверка его чувствительности в соответствии с п.1.4.3 и расчет параметра срабатывания ИО напряжения обратной последовательности $U_{2С.З}$ и проверка его чувствительности в соответствии с п.1.4.4. Данный пункт выполняется только в случае использования комбинированного пуска по напряжению;

г) выбор выдержки времени производится в соответствии с п.1.4.6.

Расчет параметров срабатывания рекомендуется вести в первичных величинах, приведенных к той стороне защищаемого трансформатора, для которой рассчитывается МТЗ.

Параметры срабатывания для всех сторон рассчитываются одинаково.

В шкафу защиты ШЭ2607 041 предусмотрена возможность выполнения МТЗ для всех сторон защищаемого трансформатора: МТЗ ВН, МТЗ СН (отсутствует в схеме с мостиком), МТЗ НН1, МТЗ НН2.

1.4.2 Расчет параметра срабатывания максимального ИО тока

Первичный ток срабатывания МТЗ без пуска по напряжению должен быть отстроен от максимального тока нагрузки с учетом самозапуска двигательной нагрузки по выражению:

$$I_{С.З} \geq \frac{K_{ОТС} \cdot K_{ЗАП}}{K_B} \cdot I_{РАБ,МАКС}, \quad (1.14)$$

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

$K_{ЗАП}$ – коэффициент, учитывающий увеличение тока в условиях самозапуска заторможенных двигателей нагрузки. В предварительных расчетах, а также в случае отсутствия соответствующей информации, данный коэффициент может быть принят из диапазона от 1,5 до 2,5. Для статической нагрузки, имеющей в своем составе малую долю электродвигателей, принимают коэффициент самозапуска по опытным данным $K_{ЗАП} = (1,2 \div 1,3)$. Согласно литературе [20]: $K_{ЗАП} = 2,5$ – для городских сетей общего назначения, $K_{ЗАП} = 2$ – для сельских сетей;

K_B – коэффициент возврата, который принимается равным 0,9 (для реле максимального тока);

$I_{РАБ,МАКС}$ – первичный максимальный рабочий ток в месте установки защиты.

Первичный ток срабатывания МТЗ с пуском или без пуска по напряжению по условию согласования по чувствительности рассматриваемой защиты с последними, наиболее чувствительными ступенями защит от

многофазных КЗ предыдущих элементов, установленными на сторонах более низкого напряжения защищаемого трансформатора рассчитывается по следующим выражениям:

– согласование с МТЗ:

$$I_{СЗ} = K_{ОТС} \cdot K_{ТОК} \cdot I_{СЗ,ПРЕД} , \quad (1.15)$$

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

$K_{ТОК}$ – коэффициент токораспределения, равный отношению тока в месте установки рассматриваемой защиты к току в смежном элементе, с защитой которого производится согласование;

$I_{СЗ,ПРЕД}$ – первичный ток срабатывания МТЗ предыдущего элемента, с защитой которого производится согласование;

– согласование с дистанционной защитой:

$$K_{СХ, ВН/НН} = \frac{K_{СХ, ОБМ, ВН}}{K_{СХ, ОБМ, НН}} , \quad (1.16)$$

где $U_{НОМ}$ – номинальное напряжение трансформатора с рассматриваемой стороны защищаемого трансформатора;

$Z_{ΣЗ}$ – результирующее сопротивление до места установки рассматриваемой токовой защиты со стороны питания при КЗ на смежном элементе;

$Z_{СЗ,СМ}$ – сопротивление срабатывания защиты смежного элемента, с которой производится согласование;

ΔZ – сопротивление от места установки рассматриваемой токовой защиты до места установки защиты смежного элемента, с которой производится согласование;

$K_{ТОК}$ и $K'_{ТОК}$ – коэффициенты токораспределения, равные отношению тока в месте установки рассматриваемой защиты к току в смежном элементе, с защитой которого производится согласование ($K_{ТОК}$) и к току в сопротивлении ($K'_{ТОК}$).

При этом необходимо учитывать, что МТЗ ВН должна быть согласована с МТЗ СН и МТЗ НН защищаемого трансформатора.

Первичный ток срабатывания МТЗ с пуском по напряжению отстраивается от максимального нагрузочного тока трансформатора без учета самозапуска:

$$I_{СЗ} \geq \frac{K_{ОТС}}{K_{В}} \cdot I_{РАБ,МАКС} , \quad (1.17)$$

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

$K_{В}$ – коэффициент возврата, который принимается равным 0,9;

$I_{РАБ,МАКС}$ – первичный максимальный рабочий ток в месте установки защиты.

Проверка коэффициента чувствительности производится при металлическом КЗ расчетного вида в расчетной точке в режиме, обуславливающем наименьшее значение этого тока, по выражению

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{КЗ,МИН}}}{I_{\text{уст}}}, \quad (1.18)$$

где $I_{\text{КЗ,МИН}}$ – ток в месте установки защиты, приведенный к вторичным величинам, при расчетном виде КЗ в расчетной точке в режиме, обуславливающем наименьшее значение тока в месте установки защиты;

$I_{\text{уст}}$ – принятое значение тока срабатывания ИО тока МТЗ.

В качестве расчетного вида принимается междуфазное КЗ.

Для МТЗ с пуском и без пуска по напряжению должен быть обеспечен коэффициент чувствительности не менее 1,5 при выполнении функций основной защиты, не менее 1,2 при КЗ в конце зоны резервирования.

Ток срабатывания МТЗ задается в амперах во вторичных величинах из диапазона от 0,10 до 100,00 с шагом 0,01 А. По умолчанию значение принимается равным 100,00 А.

Токи срабатывания защиты МТЗ для шкафов ШЭ2607 041, ШЭ2607 041073 определяются параметрами: для МТЗ ВН – «**Іср МТЗ ВН**», для МТЗ СН – «**Іср МТЗ СН**», для МТЗ НН1 – первая ступень «**Іср МТЗ НН1-1ст**» и вторая ступень «**Іср МТЗ НН1-2ст**», и для МТЗ НН2 – первая ступень «**Іср МТЗ НН2-1ст**» и вторая ступень «**Іср МТЗ НН2-2ст**».

Коэффициент возврата для ИО тока МТЗ должен приниматься равным 0,9.

Ток срабатывания защиты МТЗ НН для шкафов ШЭ2607 042, ШЭ2607 042043, ШЭ2710 542, ШЭ2710 544 определяется параметром «**Іср МТЗ НН**».

Для шкафа защиты ШЭ2710 542543 ток срабатывания защиты МТЗ НН1 (НН3) обозначается «**1ст МТЗ НН1**» («**1ст МТЗ НН3**») – для МТЗ НН1 (НН3) первой ступени, «**2ст МТЗ НН1**» («**2ст МТЗ НН3**») – для МТЗ НН1 (НН3) второй ступени.

Для шкафа защиты ШЭ2710 542543 ток срабатывания защиты МТЗ НН1 (НН3) обозначается «**1ст МТЗ НН1**» («**Іср МТЗ НН3-1ст**») – для МТЗ НН1 (НН3) первой ступени, «**2ст МТЗ НН1**» («**Іср МТЗ НН3-2ст**») – для МТЗ НН1 (НН3) второй ступени.

Для шкафа защиты ШЭ2710 542, ШЭ2710 544 ток срабатывания отсечки НН обозначается «**Уст. ТО НН**» и регулируется в диапазоне от 1,00 до 150,00 А. По умолчанию принимается максимальное значение, равное 150,00 А.

1.4.3 Расчет параметра срабатывания минимального ИО напряжения

Согласно [2], первичное напряжение срабатывания минимального ИО напряжения выбирают исходя из следующих условий:

– обеспечение возврата реле после отключения внешнего КЗ:

$$U_{CЗ} \leq \frac{U_{\text{МИН}}}{K_{\text{ОТС}} \cdot K_{\text{В}}}, \quad (1.19)$$

где $U_{\text{МИН}}$ – междуфазное напряжение в месте установки защиты в условиях самозапуска после отключения внешнего КЗ. В предварительных расчетах, а также в случае отсутствия соответствующей информации значение может быть принято равным $(0,85 \div 0,90) U_{\text{НОМ}}$, где $U_{\text{НОМ}}$ – номинальное напряжение трансформатора с рассматриваемой стороны защищаемого трансформатора;

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

$K_{\text{В}}$ – коэффициент возврата реле минимального напряжения; принимается равным 1,1;

– отстройка от напряжения самозапуска при включении от АПВ или АВР заторможенных двигателей нагрузки:

$$U_{CЗ} \leq \frac{U_{\text{ЗАП}}}{K_{\text{ОТС}}}, \quad (1.20)$$

где $U_{\text{ЗАП}}$ – первичное значение междуфазного напряжения в месте установки защиты в условиях самозапуска заторможенных двигателей нагрузки при включении их от АПВ или АВР. В предварительных расчетах, а также в случае отсутствия соответствующей информации значение может быть принято равным примерно $0,7 U_{\text{НОМ}}$;

$K_{\text{ОТС}}$ – коэффициент отстройки, принимается из диапазона от 1,1 до 1,2.

Напряжение срабатывания принимается равным наименьшему значению из полученных.

Чувствительность минимального ИО напряжения проверяют по выражению:

$$K_{\text{ч}} = \frac{U_{\text{УСТ}}}{U_{\text{КЗ.МАКС}}} > 1,5, \quad (1.21)$$

где $U_{\text{УСТ}}$ – принятое значение параметра срабатывания минимального ИО напряжения;

$U_{\text{КЗ.МАКС}}$ – значение междуфазного напряжения, приведенное к вторичным величинам, в месте установки ТН при металлическом КЗ между фазами в расчетной точке в режиме, обуславливающем наибольшее значение этого напряжения.

Параметр срабатывания минимального ИО пуска по напряжению задается в вольтах вторичных величин из диапазона от 0,1 до 100,0 с шагом 0,1 В. По умолчанию параметр срабатывания принимается равным 80,0 В.

Напряжения срабатывания минимальных ИО пуска по напряжению МТЗ в шкафах ШЭ2607 041, ШЭ2607 041073 для сторон СН, НН1 и НН2 задаются параметрами «U сн. мин», «U нн1 мин» и «U нн2 мин».

Напряжение срабатывания минимального реле пуска по напряжению МТЗ НН в шкафах ШЭ2607 042, ШЭ2607 042043, ШЭ2710 542 задается параметром «**Мин. Унн**».

Напряжения срабатывания минимального реле пуска по напряжению МТЗ НН1 (НН3) в шкафах ШЭ2607 042043, ШЭ2710 542543 обозначается «**Мин. Унн1**» («**Мин. Унн3**»).

В шкафу ШЭ2710 544 напряжение срабатывания минимального реле пуска по напряжению МТЗ НН задается параметром «**Мин. Унн**»; МТЗ НН1 – «**Мин. Унн1**»; МТЗ НН2 – «**Мин. Унн2**».

1.4.4 Расчет параметра срабатывания ИО напряжения обратной последовательности

Параметр срабатывания ИО напряжения обратной последовательности должен быть отстроен от напряжения небаланса, обусловленного несимметрией фазных напряжений в нормальном рабочем режиме, небаланса, обусловленного различием погрешностей разных фаз ТН, и рекомендуется принимать равным

$$U_{2, \text{сз}} = (0,06 \div 0,10) U_{\text{НОМ}}, \quad (1.22)$$

где $U_{\text{НОМ}}$ – номинальное напряжение защищаемого трансформатора.

По данным экспериментов и опыта эксплуатации при таком напряжении срабатывания обеспечивается отстройка от напряжения небаланса в расчетном (нагрузочном) режиме.

Чувствительность данного ИО проверяют по выражению:

$$K_{\text{ч}} = \frac{U_{2, \text{КЗ.МНН}}}{U_{2, \text{УУС}}} > 1,5, \quad (1.23)$$

где $U_{2, \text{КЗ.МНН}}$ – значение междуфазного напряжения обратной последовательности, приведенное к вторичным величинам, в месте установки ТН при металлическом междуфазном КЗ в расчетной точке в режиме, обуславливающим наименьшее значение этого напряжения;

$U_{2, \text{УУС}}$ – принятое значение параметра срабатывания ИО напряжения обратной последовательности.

Напряжения срабатывания минимального ИО пуска по напряжению задаются в вольтах во вторичных величинах из диапазона от 6,0 до 24,0 с шагом 0,1 В. По умолчанию значение напряжения срабатывания принимается равным 6,0 В.

Напряжения срабатывания ИО напряжения обратной последовательности МТЗ для шкафов ШЭ2607 041, ШЭ2607 041073 для МТЗ СН, НН1 и НН2 определяются параметрами «**U2 СН**», «**U2 НН1**» и «**U2 НН2**».

Напряжение срабатывания реле обратной последовательности МТЗ НН в шкафах ШЭ2607 042, ШЭ2607 042043, ШЭ2710 542 задается параметром «**U2 НН**».

Напряжения срабатывания реле напряжения обратной последовательности МТЗ НН1 (НН3) в шкафах ШЭ2607 042043, ШЭ2710 542543 обозначается «U2 Унн1» («U2 Унн3»).

В шкафу ШЭ2710 544 напряжение срабатывания реле напряжения обратной последовательности МТЗ НН задается параметром «U2 Унн»; МТЗ НН1 – «U2 НН1»; МТЗ НН2 – «U2 НН2».

1.4.5 Выбор параметра срабатывания реле ОНМ по углу максимальной чувствительности

Зона работы ОНМ составляет от 160 до 180°.

Угол максимальной чувствительности ОНМ в шкафах защиты ШЭ2607 041, ШЭ2607 041073 обозначается «УголМаксЧув» и регулируется в пределах от 30 до 85°. Угол максимальной чувствительности задается в зависимости от угла тока нагрузки и по умолчанию принимается равным 70°.

1.4.6 Расчет выдержки времени

Выдержка времени выбирается по условиям согласования с последними, наиболее чувствительными ступенями защит от многофазных КЗ предыдущих элементов (максимальной токовой с пуском по напряжению или без пуска, дистанционной защиты), в частности с максимальными токовыми защитами с пуском по напряжению, установленными на сторонах более низкого напряжения защищаемого трансформатора. Расчет может быть выполнен по выражению:

$$t_{C3} = t_{C3,CM} + \Delta t, \quad (1.24)$$

где $t_{C3,CM}$ – время срабатывания наиболее чувствительных ступеней смежных защит, с которыми производится согласование;

Δt – ступень селективности, может быть принята при малых (до 2,0 с) выдержках времени равной 0,4 с, при больших выдержках времени МТЗ принимается равной 0,5 с; по рекомендациям [17] при согласовании цифровых реле и применении вакуумных или элегазовых выключателей с полным временем отключения (0,04 ÷ 0,05) секунд можно принимать ступень селективности в диапазоне от 0,15 до 0,20 с.

1.4.6.1 Выдержки времени для шкафов ШЭ2607 041, ШЭ2607 041073

Работа МТЗ со стороны ВН определяется следующими выдержками времени:

- «Т МТЗ ВН» – время срабатывания защиты;
- «Т МТЗ ВН уск» – время срабатывания МТЗ ВН с ускорением.

Все выдержки времени задаются в секундах из диапазона от 0,05 до 27,00 с шагом 0,01. По умолчанию значение принимается равным 27,00 с.

Работа МТЗ со стороны СН определяется следующими выдержками времени:

- «Т МТЗ СН Q3» – время срабатывания защиты на отключение выключателя Q3;
- «Т МТЗ СН тр-р» – время срабатывания МТЗ СН на отключение трансформатора;
- «Т МТЗ СН СВ» – время срабатывания МТЗ СН на отключение СВ;
- «Т МТЗ СНуск.Q3» – время срабатывания МТЗ СН с ускорением на отключение выключателя Q3;
- «ТввдУскМТЗСН» – время ввода ускорения МТЗ СН.

Все выдержки времени задаются в секундах из диапазона от 0,05 до 27,00 с шагом 0,01. По умолчанию значение принимается равным 27,00 с.

Работа МТЗ со стороны НН1 (НН2) определяется следующими выдержками времени:

- «Т МТЗ НН1-1ст» («Т МТЗ НН2-1ст») – время срабатывания первой ступени МТЗ НН1 (НН2);
- «Т МТЗ НН1-2ст» («Т МТЗ НН2-2ст») – время срабатывания второй ступени МТЗ НН1 (НН2);
- «Т МТЗ НН1 Тр» («Т МТЗ НН2 Тр») – время срабатывания МТЗ НН1 (НН2) на отключение трансформатора;
- «Т МТЗ НН1уск» («Т МТЗ НН2уск») – время срабатывания МТЗ НН1 (НН2) с ускорением;
- «ТввдУскМТЗНН1» («ТввдУскМТЗНН2») – время ввода ускорения МТЗ НН1 (НН2).

Все выдержки времени задаются в секундах из диапазона от 0,05 до 27,00 с шагом 0,01. По умолчанию значение выдержек времени «ТввдУскМТЗНН1» («ТввдУскМТЗНН2») принимается равным 0,05 с, остальных выдержек времени – 27,00 с.

1.4.6.2 Выдержки времени для шкафов ШЭ2607 042, ШЭ2607 042043

Работа МТЗ со стороны НН определяется следующими выдержками времени:

- «МТЗ НН 1ст» – время срабатывания первой ступени МТЗ НН;
- «МТЗ НН 2ст» – время срабатывания второй ступени МТЗ НН.

Работа МТЗ со стороны НН1 (НН3) для ШЭ2607 042043 определяется следующими выдержками времени:

- «МТЗ НН 1отклСВ» («МТЗ НН 3отклСВ») – время срабатывания МТЗ НН1 (НН3) при отключенном СВ;
- «МТЗ НН 1вклСВ» («МТЗ НН 3вклСВ») – время срабатывания МТЗ НН1 (НН3) при включенном СВ;
- «МТЗ НН 1ускор» («МТЗ НН 3ускор») – время срабатывания МТЗ НН1 (НН3) с ускорением;
- «Туск МТЗ НН1» («Туск МТЗ НН3») – время ввода ускорения МТЗ НН1 (НН3);

– «**МТЗ НН 1отклQ2**» («**МТЗ НН 3отклQ2**») – время срабатывания МТЗ НН1 (НН3) на отключение Q2.

Все выдержки времени задаются в секундах из диапазона от 0,05 до 27,00 с шагом 0,01. По умолчанию значения выдержек времени принимаются равными 27,00 с.

1.4.6.3 Выдержки времени для шкафов ШЭ2710 542, ШЭ2710 542543, ШЭ2710 544

Работа МТЗ со стороны НН ШЭ2710 542 определяется следующими выдержками времени:

- «**Тср МТЗНН 1ст**» – время срабатывания первой ступени МТЗ НН;
- «**Тср МТЗНН 2ст**» – время срабатывания второй ступени МТЗ НН;
- «**Тср ТО НН**» – время срабатывания ТО НН.

Работа МТЗ со стороны НН1 ШЭ2710 542543 определяется следующими выдержками времени:

- «**МТЗ НН 1отклСВ**» («**МТЗ НН 3отклСВ**») – время срабатывания МТЗ НН1 (НН3) при отключенном СВ1 (СВ2);
- «**МТЗ НН 1вклСВ**» («**МТЗ НН 3вклСВ**») – время срабатывания МТЗ НН1 (НН3) при включенном СВ1 (СВ2);
- «**МТЗ НН 1ускор**» («**МТЗ НН 3ускор**») – время срабатывания МТЗ НН1 (НН3) с ускорением;
- «**Туск МТЗ НН1**» («**Туск МТЗ НН3**») – время ввода ускорения МТЗ НН1 (НН3);
- «**МТЗ НН 1отклQ2**» («**МТЗ НН 3отклQ2**») – время срабатывания МТЗ НН1 (НН3) на отключение Q2.

Работа МТЗ со стороны НН ШЭ2710 544 определяется следующими выдержками времени:

- «**МТЗ НН 1ст.**» – время срабатывания первой ступени МТЗ НН;
- «**МТЗ НН 2ст.**» – время срабатывания второй ступени МТЗ НН;
- «**ТО НН**» – время срабатывания ТО НН.

Все выдержки времени задаются в секундах из диапазона от 0,05 до 27,00 с шагом 0,01. По умолчанию значения выдержек времени принимаются равными 27,00 с.

1.5 Токовая защита нулевой последовательности трансформатора

Токовая защита нулевой последовательности (ТЗНП) резервирует отключение замыканий на землю на шинах и линиях со стороны ВН защищаемого трансформатора, а также резервирует основные защиты трансформатора. Используется при наличии питания с других сторон трансформатора. Подключается к ТТ со стороны ВН.

Расчет параметров срабатывания рекомендуется вести в первичных величинах, приведенных к стороне ВН.

Токовая защита нулевой последовательности на стороне ВН в качестве расчетного использует утроенный ток нулевой последовательности $3I_0$, полученный суммированием фазных токов стороны ВН или измерением тока в нулевом проводе защищаемого трансформатора. ТЗНП ВН содержит реле тока и реле времени.

Если для защищаемого трансформатора схемой соединения измерительных трансформаторов тока на стороне ВН является «треугольник», то параметры ТЗНП принимают равными значениям по умолчанию (для максимальных ИО – максимальные значения, для минимальных ИО – минимальные).

1.5.1 Расчет параметра срабатывания ИО тока нулевой последовательности

Первичный ток срабатывания ТЗНП выбирается исходя из условий:

– отстройка от тока небаланса нулевой последовательности при КЗ между тремя фазами на стороне ВН, СН или НН защищаемого трансформатора, а также за трансформаторами и автотрансформаторами данной подстанции по выражению

$$I_{сз} \geq K_{отс} \cdot I_{0,нб}, \quad (1.25)$$

где $K_{отс}$ – коэффициент отстройки, принимаемый равным 1,25;

$I_{0,нб}$ – ток небаланса нулевой последовательности в установившемся режиме при рассматриваемом внешнем КЗ между тремя фазами и рассчитываемый по выражению:

$$I_{0,нб} = K_{нб} \cdot I_{расч,уст,кз}, \quad (1.26)$$

где $K_{нб}$ – коэффициент небаланса, который в зависимости от кратности тока принимается равным 0,05, если кратность не более $(2 \div 3)$ по отношению к первичному току трансформаторов тока; из диапазона от 0,05 до 0,10 при больших кратностях, но не превышающих $(0,7 \div 0,8)$ по отношению к предельной кратности первичного тока трансформаторов тока. С большей точностью, а также при больших кратностях тока по отношению к первичному номинальному току трансформаторов тока ток небаланса может быть определен в соответствии с приложением VII [4];

$I_{расч,уст,кз}$ – первичный ток в месте установки защиты в установившемся режиме при рассматриваемом внешнем КЗ между тремя фазами;

– отстройка от тока небаланса нулевой последовательности в послеаварийном нагрузочном режиме по выражению

$$I_{сз} \geq I_{0,нб} \frac{K_{отс}}{K_B}, \quad (1.27)$$

где $K_{отс}$ – коэффициент отстройки, принимаемый равным 1,25;

K_B – коэффициент возврата, который принимается для максимальных реле тока и напряжения равным $K_B = 0,9$;

$I_{0,НБ}$ – первичный ток нулевой последовательности в послеаварийном нагрузочном режиме, рассчитываемый по выражению:

$$I_{0,НБ} = K_{НБ} \cdot I_{РАСЧ,ПА,НАГР}, \quad (1.28)$$

где $K_{НБ}$ – коэффициент небаланса, который в зависимости от кратности тока принимается равным 0,05, если кратность не более (2 ÷ 3) по отношению к первичному току трансформаторов тока; из диапазона от 0,05 до 0,10 при больших кратностях, но не превышающих (0,7 ÷ 0,8) по отношению к предельной кратности первичного тока трансформаторов тока. С большей точностью, а также при больших кратностях тока по отношению в первичному номинальному току трансформаторов тока ток небаланса может быть определен в соответствии с приложением VII [4];

$I_{РАСЧ,ПА,НАГР}$ – первичный ток в месте установки защиты в послеаварийном нагрузочном режиме;

– отстройка от тока нулевой последовательности, обусловленного несимметрией в системе в неполнофазном режиме, по выражению

$$I_{СЗ} \geq I_{0,НС} \frac{K_{ОТС}}{K_B}, \quad (1.29)$$

где $K_{ОТС}$ – коэффициент отстройки, принимаемый равным 1,25;

K_B – коэффициент возврата, который для максимальных реле тока и напряжения принимается равным 0,9;

$I_{0,НС}$ – первичный ток нулевой последовательности, обусловленный несимметрией в системе, возникающий, например, при работе смежной линии с односторонним питанием в неполнофазном режиме;

– согласование по чувствительности с последними, наиболее чувствительными ступенями защит от замыканий на землю смежных линий по выражению

$$I_{СЗ} \geq K_{ОТС} \cdot K_{ТОК} \cdot I_{0,СЗ,СМ}, \quad (1.30)$$

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

$K_{ТОК}$ – коэффициент токораспределения для токов нулевой последовательности, равный отношению тока в месте установки рассматриваемой защиты к току в смежной линии, с защитой которой производится согласование;

$I_{0,СЗ,СМ}$ – первичный ток срабатывания ступени защиты от замыканий на землю смежной линии, с которой производится согласование.

Отстройка от тока небаланса по условию (1.25) не требуется, если защита согласована по времени с защитами от многофазных КЗ, установленных на сторонах НН указанных трансформаторов.

Согласование по условию (1.30) производится только в случаях, когда это признано целесообразным для обеспечения надежного электроснабжения потребителей и при этом обеспечивается чувствительность рассматриваемой защиты.

Расчетные величины токов небаланса, используемые для расчета по выражениям (1.25), (1.27), (1.29), должны учитывать возможность качаний и асинхронного хода в послеаварийном нагрузочном режиме, если выдержка времени не превышает длительности периода качаний (в ориентировочных расчетах период качаний может быть принят равным 1,5 с).

Значение параметра срабатывания ИО тока нулевой последовательности принимается равным наибольшему значению из рассчитанных выше.

Чувствительность ИО тока нулевой последовательности ТЗНП проверяют по выражению:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{0,\text{КЗ,МИН}}}{I_{0,\text{УСТ}}}, \quad (1.31)$$

где $I_{0,\text{КЗ,МИН}}$ – минимальный ток нулевой последовательности при однофазном КЗ в расчетной точке, приведенный к вторичным величинам;

$I_{0,\text{УСТ}}$ – принятое значение тока срабатывания ИО тока нулевой последовательности.

Согласно ПУЭ при оценке чувствительности резервных защит наименьшие коэффициенты чувствительности при рассмотрении КЗ в конце зоны резервирования должны быть для органов тока, напряжения – 1,2.

При оценке чувствительности ступеней резервных защит, осуществляющих ближнее резервирование (рассматривается КЗ на шинах), коэффициенты чувствительности должны быть не менее 1,5.

1.5.1.1 Ток срабатывания ТЗНП для шкафов защиты ШЭ2607 041, ШЭ2607 041073

Ток срабатывания токовой защиты нулевой последовательности на стороне ВН определяется параметром «**I_{ср} ТЗНП ВН**», который рекомендуется рассчитывать в соответствии с п.1.5.1.

Коэффициент возврата для ИО тока ТЗНП должен приниматься равным 0,9.

В шкафах защиты ШЭ2607 041, ШЭ2607 041073 ток срабатывания ТЗНП обозначается «**I_{ср} ТЗНП ВН**» и задается в амперах вторичных величин из диапазона от 0,05 до 100,00 с шагом 0,01 А. По умолчанию ток срабатывания принимается равным 30,00 А. Для перехода ко вторичным величинам необходимо рассчитанное значение тока разделить на коэффициент трансформации ТТ соответствующей стороны.

1.5.2 Расчет выдержки времени ТЗНП

Выдержка времени ТЗНП выбирается по условиям согласования с последними, наиболее чувствительными ступенями защит от замыканий на землю смежных элементов. Расчет может быть выполнен по выражению:

$$t_{C3} = t_{C3,CM} + \Delta t, \quad (1.32)$$

где $t_{C3,CM}$ – время срабатывания наиболее чувствительных ступеней смежных защит, с которыми производится согласование;

Δt – степень селективности, учитывающая время действия выключателя линии или автотрансформатора (время от подачи сигнала на отключение до разрыва тока КЗ), время возврата защиты, результирующую погрешность органа выдержки времени защиты линии или автотрансформатора, с которой производится согласование, результирующую погрешность органа выдержки времени рассматриваемой защиты и время запаса; степень селективности принимается равной 0,4 с.

1.5.2.1 Выдержки времени ТЗНП для шкафов защиты ШЭ2607 041, ШЭ2607 041073

Токовая защита нулевой последовательности на стороне ВН действует с тремя выдержками времени.

С первой выдержкой времени ТЗНП действует на отключение с АПВ выключателя на стороне ВН защищаемого трансформатора. В шкафах защиты ШЭ2607 041, ШЭ2607 041073 данная выдержка времени обозначается «Т ТЗНП ВН».

Со второй выдержкой времени ТЗНП действует на отключение ШСВ ВН (СВ ВН). В шкафу защиты ШЭ2607 041 данная выдержка времени обозначается «Т ТЗНП ШСВ»; в шкафу защиты ШЭ2607 041073 – «Т ТЗНП ШСВ-СВ».

С третьей выдержкой времени ТЗНП действует на все выключатели трансформатора. В шкафу защиты ШЭ2607 041 данная выдержка времени обозначается «Т ТЗНП отк Тр».

В шкафу защиты ШЭ2607 041073 предусмотрена выдержка времени, действующая на отключение выключателя со стороны ВН с запретом АПВ. Выдержка времени обозначается «Т ТЗНП без АПВ».

Также предусмотрена выдержка времени, определяющая время действия в защиту ТЗНП параллельно работающего трансформатора. В шкафу защиты ШЭ2607 041 данная выдержка времени обозначается «Т ТЗНП Т2»; в шкафу защиты ШЭ2607 041073 – «Т ТЗНП Т2».

В шкафах защиты ШЭ2607 041, ШЭ2607 041073 перечисленные выдержки времени задаются в секундах в диапазоне от 0,05 до 27,00 с шагом 0,01 с. По умолчанию для каждой из выдержек времени устанавливается значение 27,00 с.

1.6 Защита от перегрузки трансформатора (автотрансформатора)

Для защиты трансформатора (автотрансформатора) от длительных перегрузок, вызванных, например, автоматическим подключением нагрузки от АВР, отключением параллельно работающего трансформатора (автотрансформатора), предусматривается защита от перегрузки.

На трехобмоточных трансформаторах с обмотками одинаковой мощности и двусторонним питанием защита от перегрузки следует ставить на обеих питающих сторонах. При неравной мощности обмоток защита устанавливается на всех трех сторонах. В остальных случаях на трансформаторах защита от перегрузки устанавливается только со стороны питания – ВН.

На автотрансформаторах защита от перегрузки устанавливается на стороне ВН, на стороне НН и в общей обмотке. Последняя устанавливается на автотрансформаторах, если возможен режим передачи электроэнергии со сторон ВН и СН на сторону НН защищаемого АТ.

Защита от перегрузки срабатывает в случае превышения фазным током (фазы А) заданного тока срабатывания $I_{с.з}$ с выдержкой времени $t_{с.з}$ и действует на сигнал.

Расчет параметров срабатывания производится одинаково для всех сторон. Рекомендуется вести расчет в первичных величинах, приведенных к той стороне трансформатора, с которой установлена рассматриваемая защита.

Выбор параметров срабатывания ЗП необходимо производить в соответствии с требованиями завода-изготовителя трансформатора (автотрансформатора).

Выбираются следующие параметры срабатывания:

- ток срабатывания ЗП на стороне ВН;
- ток срабатывания ЗП в общей обмотке;
- ток срабатывания ЗП на стороне НН;
- время срабатывания ЗП.

1.6.1 Расчет параметра срабатывания ИО максимального тока

Первичный ток срабатывания ИО максимального фазного тока отстраивают от номинального тока обмотки защищаемого трансформатора (автотрансформатора):

$$I_{\text{ЗП,СТОП}} = \frac{I_{\text{НОМ,СТОП}} \cdot K_{\text{ОТС}}}{K_{\text{ТТ,СТОП}} \cdot K_{\text{В}}}, \quad (1.33)$$

где $K_{\text{ОТС}}$ – коэффициент отстройки ЗП, который принимается 1,05;

$K_{\text{В}}$ – коэффициент возврата, который принимается 0,9;

$I_{\text{НОМ,СТОП}}$ – первичный номинальный ток стороны трансформатора (автотрансформатора), где установлена защита, с учетом регулирования напряжения на данной стороне (ВН, СН, НН1, НН2 – для трансформатора и ВН, НН (НН1, НН3) – для автотрансформатора);

$K_{ТТ,СТОР}$ – коэффициент трансформации ТТ соответствующей стороны Т (АТ).

При расчете тока срабатывания защиты от перегрузки в общей обмотке автотрансформатора в качестве $I_{НОМ}$ должен рассматриваться номинальный ток общей обмотки, равный разности номинальных первичных токов обмоток ВН и СН:

$$I_{ЗП,Общ.Обм} = \frac{I_{НОМ,Общ.Обм}}{K_{ТТ,ВН}} \cdot \frac{K_{ОТС}}{K_B}, \quad (1.34)$$

где $K_{ОТС}$ – коэффициент отстройки ЗП, принимается равным 1,05;
 K_B – коэффициент возврата реле тока ЗП, принимается равным 0,9;
 $K_{ТТ,ВН}$ – коэффициент трансформации ТТ стороны ВН;
 $I_{НОМ,Общ.Обм}$ – номинальный ток общей обмотки, который выбирается по каталожным данным автотрансформатора, или рассчитывается по формуле:

$$I_{НОМ,Общ.Обм} = I_{НОМ,СН} - I_{НОМ,ВН},$$

где $I_{НОМ,ВН}$ – номинальный первичный ток обмотки стороны ВН;
 $I_{НОМ,СН}$ – номинальный ток обмотки стороны СН.

Предусмотрена установка токовых измерительных органов защиты от перегрузки со всех сторон защищаемого трансформатора ВН, СН, НН1, НН2, обозначенных в шкафу защиты ШЭ2607 041 соответственно «**Ісп.ЗП ВН**», «**Ісп.ЗП СН**» (отсутствует в схеме с мостиком), «**Ісп.ЗП НН1**», «**Ісп.ЗП НН2**».

Если какая-либо из сторон не предусмотрена, то значение параметра срабатывания ИО тока для этой стороны на работу защиты оказывать не будет, поэтому ток срабатывания может быть принят равным значению по умолчанию. Если какая-либо сторона предусмотрена, но использование защиты от перегрузки для этой стороны не предполагается, то соответствующий ИО тока может быть выведен принятием его параметра срабатывания равным максимальному значению из возможного диапазона. Например, терминал используется для защиты двухобмоточного трансформатора, при этом установка защиты от перегрузки на стороне НН не предполагается. Тогда параметры срабатывания должны быть установлены следующим образом: ток срабатывания «**Ісп.ЗП ВН**» рассчитывается и устанавливается в соответствии с методикой, приведенной в данных методических указаниях; ток срабатывания «**Ісп.ЗП СН**» устанавливается равным максимальному значению из возможного для него диапазона (100,00 А); токи срабатывания «**Ісп.ЗП НН1**» и «**Ісп.ЗП НН2**» принимаются равными значению по умолчанию, т.е. не меняются в терминале.

Ток срабатывания ЗП для всех сторон рассчитывается одинаково в соответствии с вышеизложенной методикой.

В шкафах защиты ШЭ2607 041, ШЭ2607 041073 токи срабатывания задаются во вторичных величинах в амперах из диапазона от 0,10 до 100,00 с

шагом 0,01. По умолчанию все указанные токи срабатывания ЗП устанавливаются в положение 10,00 А – для ШЭ2607 041; 100,00 А – для ШЭ2607 041073.

В шкафах защиты ШЭ2607 042, ШЭ2607 042043, ШЭ2710 542, ШЭ2710 542543 ток срабатывания ЗП на стороне ВН обозначается «ЗП ВН»; в общей обмотке – «ЗП нейтр»; на стороне НН – «ЗП НН». Значения токов срабатывания регулируются в диапазоне от 0,10 до 100,00 А.

1.6.2 Выбор выдержки времени срабатывания ЗП

Время срабатывания защиты необходимо отстраивать от режимов кратковременных перегрузок и можно принимать без расчета из диапазона от 9,00 до 10,00 с.

В шкафах защиты ШЭ2607 041, ШЭ2607 041073 данная выдержка времени обозначается «Т ЗП» и задается в секундах из диапазона от 0,05 до 27,00 с шагом 0,01. По умолчанию выдержка времени принимается равной 27,00 с.

В шкафах защиты ШЭ2607 042, ШЭ2607 042043, ШЭ2710 542, ШЭ2710 542543 время срабатывания ЗП обозначается «Тср ЗП» и регулируется в диапазоне от 0,05 до 27,00 с.

1.7 Контроль изоляции вводов 500 (750) кВ АТ

Функция контроля изоляции маслонаполненных вводов (КИВ) обмотки высшего (среднего) напряжения автотрансформатора предназначена для защиты их от повреждения (пробоя) изоляции.

Функция КИВ реагирует на увеличение емкостных токов вводов, протекающих под воздействием рабочего напряжения через изоляцию вводов трех фаз, и включает сигнальный и отключающий органы.

При срабатывании сигнального органа с выдержкой времени обеспечивается сигнализация КИВ. Отключающий орган является более грубым. При его срабатывании с выдержкой времени производится отключение выключателей всех сторон защищаемого автотрансформатора.

1.7.1 Выбор тока срабатывания КИВ на сигнал

В соответствии с [2] ток срабатывания устройства КИВ на сигнал выбирается (в процентах от номинального тока ввода): $\Delta I_{\text{СР.СИГН.}} = 5\%$.

Ток срабатывания устройства КИВ на отключение больше тока срабатывания на сигнал в 3 раза и при этом составит $\Delta I_{\text{СР.ОТКЛ.}} = 15\%$.

Ток срабатывания устройства КИВ на сигнал в шкафах защиты ШЭ2710 542, ШЭ2710 542543 обозначается «Iсигн КИВ» и регулируется в диапазоне от 5 до 15 % с шагом 1%.

1.7.2 Выбор тока срабатывания КИВ на сигнал при загрузлении

Ток срабатывания КИВ ВН на сигнал при загрузлении при неисправности цепей напряжения $\Delta I_{\text{СР.СИГН.ГР}}$ в шкафах защиты ШЭ2710 542,

ШЭ2710 542543 обозначается «**Iзагр КИВ**» и регулируется в диапазоне от 5 до 15 % с шагом 1%. Рекомендуемое фирмой «ЭКРА» значение тока срабатывания составляет 10%. При этом ток срабатывания устройства КИВ на отключение при загрузке составляет $\Delta I_{\text{СР.ОТКЛ.ЗАГР}} = 30 \%$.

1.7.3 Выбор времени срабатывания КИВ на сигнал

Выдержка времени на сигнал, согласно [2], определяется из условия отстройки от максимальной выдержки времени резервных защит элементов сети высшего напряжения, примыкающей к защищаемому объекту.

Выдержка времени в шкафах защиты ШЭ2710 542, ШЭ2710 542543 обозначается «**ТсрКИВсигнал**» и регулируется в секундах в диапазоне от 0,05 до 27,00 с шагом 0,01. Рекомендуемое фирмой «ЭКРА» значение выдержки времени составляет 9,00 с.

1.7.4 Выбор времени срабатывания КИВ на отключение

Выдержка времени отключающего элемента определяется из условия отстройки от быстродействующих защит.

Выдержка времени в шкафах защиты ШЭ2710 542, ШЭ2710 542543 обозначается «**ТсрКИВоткл**» и регулируется в секундах в диапазоне от 0,05 до 27,00 с шагом 0,01. Рекомендуемое фирмой «ЭКРА» значение выдержки времени составляет 1,50 с.

1.7.5 Выбор времени срабатывания КИВ при загрузке

Выдержка времени в шкафах защиты ШЭ2710 542, ШЭ2710 542543 обозначается «**ТсрКИВзагр**» и регулируется в секундах в диапазоне от 0,05 до 27,00 с шагом 0,01. Рекомендуемое фирмой «ЭКРА» значение выдержки времени составляет 12,00 с.

1.7.6 Выбор времени срабатывания неисправности КИВ

Выдержка времени в шкафах защиты ШЭ2710 542, ШЭ2710 542543 обозначается «**ТнеиспрКИВ**» и регулируется в секундах в диапазоне от 0,05 до 27,00 с шагом 0,01. Рекомендуемое фирмой «ЭКРА» значение выдержки времени составляет 18,00 с.

1.8 Устройство резервирования при отказе выключателя трансформатора (автотрансформатора)

Устройство резервирования при отказе выключателя (УРОВ) предусматривается на выключателях всех сторон защищаемого трансформатора (автотрансформатора).

УРОВ НН действует на отключение выключателей со всех сторон защищаемого трансформатора (автотрансформатора). Обеспечивает отключение автотрансформатора выключателями смежных элементов в случае отказа срабатывания выключателя ВН и СН при КЗ за токоограничивающим реактором.

УРОВ ВН действует на отключение выключателей системы шин со стороны ВН.

УРОВ СН действует как УРОВ НН, если питание со стороны СН не предусмотрено, в противном случае действует как УРОВ ВН, то есть на отключение выключателей системы шин со стороны СН.

Для обеспечения быстрого возврата схемы УРОВ, если выключатель нормально отключился при действии защит, предусмотрен максимальный ИО тока. Выдержка времени УРОВ предназначена для фиксации отказа выключателя, т.е. если в течение данного времени условия пуска УРОВ сохраняются, то происходит действие на отключение всех выключателей, через которые продолжается питание повреждения. Прием сигналов срабатывания УРОВ ВН фиксируется при длительности сигнала не менее 0,003 с. Может осуществляться автоматическая проверка исправности выключателя, когда при пуске от УРОВ формируется сигнал на отключение «своего» или резервируемого выключателя.

УРОВ формирует сигнал без выдержки времени на отключение резервируемого выключателя при появлении любого из сигналов:

- действие внешних устройств РЗА (внешний сигнал);
- действие ДЗШ (внешний сигнал);
- действие защит на отключение выключателя (внутренний сигнал).

Для сторон ВН и СН параметры срабатывания (ток срабатывания, выдержка времени) выбираются одинаково.

Реле тока УРОВ предназначено для возврата схемы УРОВ при отсутствии отказа выключателя и для определения отказавшего выключателя или КЗ в зоне между выключателем и трансформатором тока с целью выбора направления действия устройства. Ток срабатывания реле тока УРОВ должен выбираться по условию обеспечения чувствительности и по возможности минимальным. Рекомендованное значение тока срабатывания находится в диапазоне от 0,05 до 0,10 от $I_{НОМ}$ (номинальный ток) присоединения. Под номинальным током присоединения понимается номинальный ток стороны, на которой установлено УРОВ. В отдельных случаях могут возникнуть дополнительные ограничения по выбору минимального тока срабатывания реле тока УРОВ (отстройка от максимального емкостного тока для УРОВ общих с линиями выключателей с пофазными приводами, отстройка от токов через емкостные делители и т.д.), которые должны учитываться проектировщиками при выборе параметров срабатывания.

В шкафу защиты трансформатора ШЭ2607 041 для контроля тока через выключатель предусмотрены по три однофазных реле тока УРОВ.

Для контроля тока стороны НН АТ в шкафу защиты ШЭ2710 542543 предусмотрены три однофазных реле тока УРОВ стороны НН. При КЗ за реактором на стороне НН и отказе выключателя ВН или СН чувствительность реле тока УРОВ ВН или УРОВ СН может оказаться недостаточной и контроль наличия тока в них будет обеспечен с помощью реле тока УРОВ НН.

1.8.1 Выбор тока срабатывания УРОВ

Значение тока срабатывания УРОВ рекомендуется выбирать в соответствии с методикой п.1.8.

Коэффициент возврата для ИО тока УРОВ ВН должен приниматься равным 0,9.

Ток срабатывания реле тока УРОВ задается в амперах вторичных величин из диапазона от 0,04 до 2,00 с шагом 0,01 А.

Примечание – Если в результате расчета значение получилось меньше допустимого (то есть меньше 0,04), то принимается минимальное возможное для выставления в термине значение параметра срабатывания.

В шкафах защиты ШЭ2607 041, ШЭ2607 041073 ток срабатывания реле тока УРОВ ВН обозначается «**I_{ср} УРОВ ВН**» («**I_{ср} УРОВ ВН1**» – для схемы с мостиком). По умолчанию ток срабатывания принимается равным 2,00 А.

В шкафах защиты ШЭ2607 042, ШЭ2607 042043 ток срабатывания реле тока УРОВ ВН обозначается «**I_{ср} УРОВ ВН**»; УРОВ СН – «**I_{ср} УРОВ СН**». По умолчанию ток срабатывания принимается равными 0,40 А.

В шкафах защиты ШЭ2710 542 ток срабатывания реле тока УРОВ ВН обозначается «**I_{ср} УРОВ ВН**»; УРОВ СН – «**I_{ср} УРОВ СН**». По умолчанию ток срабатывания принимается равным 2,00 А.

В шкафах защиты ШЭ2710 542543 ток срабатывания реле тока УРОВ НН обозначается «**I_{ср} УРОВ НН**». По умолчанию ток срабатывания принимается равным 2,00 А.

В шкафах защиты ШЭ2710 544 ток срабатывания реле тока УРОВ не используется.

1.8.2 Расчет времени срабатывания УРОВ

Выдержка времени УРОВ должна выбираться по условию отстройки от времени отключения исправного выключателя с учетом времени возврата устройства, погрешности внутренних элементов выдержки времени и необходимого запаса, в соответствии с выражением:

$$t_{СЗ} = t_{ОТКЛ.В} + t_{ВОЗВ.УРОВ} + t_{ЗАП}, \quad (1.35)$$

где $t_{ОТКЛ.В}$ – время отключения выключателя с той стороны защищаемого трансформатора (автотрансформатора), для которой рассматривается УРОВ. Данная величина должна учитывать время срабатывания промежуточного реле или контактора, если действие на электромагнит отключения выключателя производится только через него;

$t_{ВОЗВ.УРОВ}$ – максимальное время возврата ИО тока УРОВ. Время возврата реле тока УРОВ при сбросе входного тока от $20 I_{НОМ}$ до нуля не более 0,03 с;

$t_{ЗАП}$ – время запаса, принимаемое равным 0,1 с.

Выдержка времени УРОВ обычно принимается равной в секундах из диапазона от 0,20 до 0,30 с.

Время срабатывания задается в секундах из диапазона от 0,10 до 0,60 с шагом 0,01 с.

В шкафах защиты ШЭ2607 041, ШЭ2607 041073 время срабатывания УРОВ ВН обозначается «**Тсраб УРОВ**».

В шкафах защиты ШЭ2607 042, ШЭ2607 042043 время срабатывания УРОВ ВН обозначается «**Тср УРОВ ВН**»; УРОВ СН – «**Тср УРОВ СН**».

В шкафах защиты ШЭ2710 542, ШЭ2710 54243 время срабатывания УРОВ СН обозначается «**Тср УРОВ СН**»; УРОВ НН – «**Тср УРОВ НН**».

В шкафах защиты ШЭ2710 544 время срабатывания УРОВ не используется.

1.8.3 Выбор действия УРОВ «на себя»

Схема УРОВ каждого присоединения может быть выполнена с повторным действием на отключение «своего» выключателя при пуске УРОВ от защит присоединения, что позволяет исключить излишнее срабатывание УРОВ при нарушении целостности цепи отключения от защит присоединения и исправном состоянии выключателя.

Повторное действие на отключение выключателя производится через выдержку времени «**Тсраб. УРОВ на себя**» с контролем сигнала от реле тока УРОВ ВН. В шкафах защиты ШЭ2607 041, ШЭ2607 041073 эта выдержка времени обозначается «**Т УРОВ на себя**» и задается в секундах из диапазона от 0,01 до 0,60 с шагом 0,01. По умолчанию принимается минимальное значение.

В шкафах защиты ШЭ2607 042 время срабатывания УРОВ ВН **на себя** не используется.

В шкафах защиты ШЭ2607 042043 время срабатывания УРОВ ВН (СН) **на себя** обозначается «**УРОВ ВНна себя**» («**УРОВ СНна себя**») и регулируется в диапазоне от 0,01 до 0,60 секунд с шагом 0,01. По умолчанию принимается минимальное значение.

В шкафах защиты ШЭ2710 542 время срабатывания УРОВ СН «на себя» обозначается «**УРОВ СН на себя**» и регулируется в диапазоне от 0,01 до 0,60 секунд с шагом 0,01. По умолчанию принимается минимальное значение.

В шкафах защиты ШЭ2710 54243, ШЭ2710 544 время срабатывания УРОВ «на себя» не используется. По умолчанию принимается минимальное значение.

1.9 Автоматика охлаждения

Выбор параметров срабатывания реле тока и выдержек времени функции автоматика охлаждения (АО) необходимо производить в соответствии с требованиями завода-изготовителя трансформатора (автотрансформатора).

1.9.1 Выбор тока срабатывания пуска автоматики охлаждения

В шкафах защиты трансформатора ШЭ2607 041, ШЭ2607 041073 параметры срабатывания ИО тока автоматики охлаждения для сторон ВН, СН, НН1, НН2 обозначаются соответственно «**Исп.охл.ВН**», «**Исп.охл.СН**» (отсутствует в схеме с мостиком), «**Исп.охл.НН1**», «**Исп.охл.НН2**» и задаются в амперах во вторичных величинах из диапазона от 0,10 до 100,00 с шагом 0,01 А. По умолчанию значение параметров задано равным 10,00 А.

В шкафах защиты автотрансформатора ШЭ2607 042, ШЭ2607 042043, ШЭ2710 542 ток срабатывания первой ступени (второй ступени) автоматики охлаждения ВН обозначается «**ИспОхл.ВН-1**» («**ИспОхл.ВН-2**»); автоматики охлаждения нейтрали – «**ИспОхл.Ней-1**» («**ИспОхл.Ней-2**»); автоматики охлаждения НН – «**ИспОхл.НН-1**» («**ИспОхл.НН-2**»). Параметры регулируются в диапазоне от 0,10 до 100,0 А.

1.10 Блокировка РПН

Согласно инструкции по эксплуатации трансформаторов РПН должен блокироваться при повреждениях и неисправностях в трансформаторе, при превышении допустимого тока устройства РПН, при перегрузе АТ. Нормальные эксплуатационные, аварийные перегрузки трансформатора (если ток не превышает 200% номинального тока) не могут ограничить работу РПН.

Устройство блокировки РПН содержит:

- однофазный измерительный орган максимального тока, включенный на ток фазы А стороны ВН трансформатора;
- три измерительных органа минимального напряжения, включенных на междуфазные напряжения (между фазами А и В) сторон СН, НН1 и НН2 трансформатора.

Выходы измерительных органов объединены по схеме «или».

При необходимости действие измерительных органов напряжения на блокировку РПН может быть выведено с помощью программируемых накладок.

1.10.1 Выбор параметров срабатывания ИО тока функции блокировки РПН

В шкафах защиты ШЭ2607 041, ШЭ2607 041073 параметр срабатывания ИО тока блокировки РПН обозначается «**Ивн БлокРПН**» и задается в амперах во вторичных величинах из диапазона от 0,10 до 100,00 с шагом 0,01 А. По умолчанию значение задано равным 10,00 А.

В шкафах защиты ШЭ2607 042, ШЭ2607 042043, ШЭ2710 542 ток срабатывания блокировки РПН по току СН обозначается «**БлокРПН Исн**» и регулируется в диапазоне от 0,10 до 100,00 А.

1.10.2 Выбор параметров срабатывания ИО напряжения функции блокировки РПН

В шкафах защиты ШЭ2607 041, ШЭ2607 041073 параметры срабатывания ИО напряжения блокировки РПН для сторон СН, НН1, НН2 обозначаются соответственно «Усн БлокРПН», «Унн1 БлокРПН», «Унн2 БлокРПН» и задаются в вольтах во вторичных величинах из диапазона от 80,0 до 100,0 с шагом 0,1 В. По умолчанию значения параметров срабатывания заданы равными 85,0 В.

1.11 Контроль изоляции цепей НН

Обеспечивает контроль изоляции цепей низшего напряжения при замыканиях на землю в сетях с изолированной или компенсированной нейтралью.

Осуществляет контроль изоляции цепей стороны НН с помощью реле напряжения, реагирующего на увеличение напряжения нулевой последовательности стороны НН и действующего на сигнал с выдержкой времени.

Контроль изоляции цепей НН имеется в шкафах защиты автотрансформатора ШЭ2604 042, ШЭ2604 042043, ШЭ2710 542, ШЭ2710 542543.

1.11.1 Выбор напряжения срабатывания контроля изоляции цепей НН

Напряжение срабатывания контроля изоляции цепей НН задается в вольтах во вторичных величинах из диапазона от 10,0 до 100,0 с шагом 0,1 В. По умолчанию значения напряжений срабатывания заданы равными 100,0 В.

В шкафах защиты ШЭ2607 042, ШЭ2607 042043 напряжение срабатывания реле контроля изоляции НН обозначается «3U0 НН»; в шкафу защиты ШЭ2710 542, ШЭ2710 542543 – «Уср.мин НН1».

1.11.2 Выбор выдержки времени контроля изоляции цепей НН

Время срабатывания контроля изоляции НН задается в секундах и регулируется в диапазоне от 0,05 до 27,00 с шагом 0,01 с. По умолчанию значение задано равным 27,00 с.

В шкафах защиты ШЭ2607 042, ШЭ2607 042043 время срабатывания обозначается «'Земля' НН»; в шкафах защиты ШЭ2710 542, ШЭ2710 542543 – «Земля НН».

1.12 Логическая защита шин

Логическая защита шин (ЛЗШ) работает при срабатывании МТЗ соответствующей секции шин и при отсутствии срабатывания токовых защит на присоединениях, отходящих от этой секции шин. Предусмотрена возможность действия ЛЗШ на отключение выключателей вводов на секции, как с пуском, так и без пуска АПВ. Обеспечена возможность действия с

дополнительной выдержкой времени на отключение трансформатора со всех сторон при срабатывания ЛЗШ и отказе выключателя ввода.

1.12.1 Выбор выдержки времени ЛЗШ

Логическая защита шин в шкафах защиты ШЭ2607 041, ШЭ2607 041073 работает со следующими выдержками времени:

«Т ЛЗШ НН1» – время срабатывания ЛЗШ НН1;

«Т ЛЗШ НН2» – время срабатывания ЛЗШ НН2;

«Тнеиспр ЛЗШ» – выдержка времени сигнализации неисправности ЛЗШ.

Логическая защита шин в шкафах защиты ШЭ2607 042 работает со следующей выдержкой времени:

«ЛЗШ НН» – время срабатывания логической защиты шин НН.

Логическая защита шин в шкафах защиты ШЭ2607 042043 (первый комплект) работает со следующей выдержкой времени:

«Тср ЛЗ НН» – время срабатывания логической защиты шин НН.

Логическая защита шин в шкафах защиты ШЭ2607 042043 (второй комплект) работает со следующими выдержками времени:

«Тср ЛЗШ НН1» – время срабатывания ЛЗШ 1СШ;

«Тср ЛЗШ НН3» – время срабатывания ЛЗШ 3СШ;

«Неиспр ЛЗШ НН1» – выдержка времени срабатывания неисправности ЛЗШ 1СШ;

«Неиспр ЛЗШ НН3» – выдержка времени срабатывания неисправности ЛЗШ 3СШ.

Логическая защита шин в шкафах защиты ШЭ2710 542 работает со следующей выдержкой времени:

«Тср ЛЗ НН» – время срабатывания ЛЗШ НН.

Логическая защита шин в шкафах защиты ШЭ2710 542543 работает со следующими выдержками времени:

«Тср ЛЗШ НН1» – время срабатывания ЛЗШ НН1;

«Тср ЛЗШ НН3» – время срабатывания ЛЗШ НН3;

«Неиспр ЛЗШ НН1» – выдержка времени срабатывания неисправности цепей ЛЗШ НН1;

«Неиспр ЛЗШ НН3» – выдержка времени срабатывания неисправности цепей ЛЗШ НН3.

Выдержки времени задаются в секундах из диапазона от 0,05 до 27,00 с шагом 0,01 с. По умолчанию принимаются равными 27,00 с.

1.13 Функция пуска автоматики пожаротушения

При срабатывании ДТЗ АТ, отключающих ступеней газовой защиты АТ или газовой защиты РПН АТ обеспечивается пофазный пуск пожаротушения с ограничением импульса действия до 1 секунды.

Предусмотрен дискретный вход «Вывод пожаротушения» для вывода пуска пожаротушения из работы и светодиодная сигнализация о срабатывании «Пуск пожаротушения». Предусмотрена светодиодная индикация для каждой фазы «Пожаротушение фаза А», «Пожаротушение фаза В», «Пожаротушение фаза С».

Напряжение срабатывания минимального реле напряжения выбирается из условия несрабатывания при минимальном рабочем напряжении с коэффициентом запаса 0,9. В ориентировочных расчетах может быть принято $U_{\text{ср}} = 65 \text{ В}$. Напряжение срабатывания обозначается «**Мин. Улв**».

Время продления импульса для пуска автоматики пожаротушения (АППож) определяет время достаточное для подхвата «Пуска пожаротушения» цепями АППож. Рекомендуемое значение 1 с. Времена продления импульса в шкафах защиты автотрансформаторов ШЭ2710 542, ШЭ2710 544 обозначаются «**Тпож.туш.А**», «**Тпож.туш.В**», «**Тпож.туш.С**» и регулируются в диапазоне от 0,05 до 27,00 с.

Время продления импульса для АППож в шкафах защиты автотрансформатора ШЭ2607 042, ШЭ2607 042043 обозначается «**Тпож.туш.**» и задается в таблице параметров срабатывания в графе «Общая логика». Время продления импульса регулируется в диапазоне от 0,05 до 27,00 секунд.

Время ограничения импульса АППож предназначена для селективного действия автоматики пожаротушения и подготовки для повторного пуска. Необходимо выбрать значение больше, чем «**Тпож.туш.**». Рекомендуемое значение 1,1 секунда. Времена ограничения импульса в шкафах защиты автотрансформаторов ШЭ2710 542, ШЭ2710 544 обозначаются «**Тогр.пож.А**», «**Тогр.пож.В**», «**Тогр.пож.С**» и регулируются в диапазоне от 0,05 до 27,00 с.

Время ограничения импульса АППож в шкафах защиты автотрансформатора ШЭ2607 042, ШЭ2607 042043 обозначается «**Тогр.туш.**» и задается в таблице параметров срабатывания в графе «Общая логика». Время ограничения импульса АППож регулируется в диапазоне от 0,05 до 27,00 секунд.

Время срабатывания деблокировки пожаротушения предназначена для автоматического деблокирования пожаротушения и подготовки к повторному (например, к «ручному») пуску. Рекомендуемое значение 2 секунды. Времена срабатывания деблокировки пожаротушения обозначаются «**Тдеблок.А**», «**Тдеблок.В**», «**Тдеблок.С**».

Функция АППож не реализована в шкафах защиты трансформатора ШЭ2607 041, ШЭ2607 041073.

1.14 Защита минимального напряжения

Защита имеется только в шкафах защиты автотрансформаторов ШЭ2607 042043 и ШЭ2710 542543.

Защита минимального напряжения при исчезновении на секции НН питания АТ (ЗМН 1СШ, ЗМН 3СШ) с выдержкой времени, регулируемой в диапазоне от 0,05 до 27,00 с, действует на отключение без АПВ выключателя ввода соответствующей секции шин НН.

Для контроля напряжения от ТН соответствующей секции шин НН предусмотрены два реле минимального напряжения, реагирующие на понижение междуфазного напряжения U_{AB} и U_{BC} .

Напряжение срабатывания реле минимального напряжения регулируется в диапазоне от 10 до 100 В.

При появлении напряжения обратной последовательности работа ЗМН запрещается. Контроль напряжения обратной последовательности осуществляется с помощью реле максимального напряжения обратной последовательности МТЗ НН соответствующей секции шин НН.

Напряжение срабатывания реле максимального напряжения обратной последовательности регулируется в диапазоне от 6 до 24 В.

Предусмотрено реле максимального напряжения, реагирующее на междуфазное напряжение U_{AB} для контроля «встречного» напряжения параллельно работающего автотрансформатора.

Напряжение срабатывания реле максимального напряжения регулируется в диапазоне от 10 до 100 В.

Предусмотрен дискретный вход для приема сигнала контроля «встречного» напряжения от параллельно работающего автотрансформатора.

1.14.1 Выбор напряжения срабатывания максимального реле напряжения

Напряжение срабатывания задается в вольтах во вторичных величинах из диапазона от 10,0 до 100,0 с шагом 0,1 В. По умолчанию значения напряжений срабатывания заданы равными 100,0 В.

В шкафу защиты ШЭ2607 042043 напряжение срабатывания максимального реле напряжения НН1 (НН3) обозначается «Макс Унн1» («Макс Унн3»); в шкафу защиты ШЭ2710 542543 – «УмаксЗМН НН1» («УмаксЗМН НН3»).

1.14.2 Выбор напряжения срабатывания минимального реле напряжения

Напряжение срабатывания минимального реле напряжения задается в вольтах во вторичных величинах из диапазона от 10,0 до 100,0 с шагом 0,1 В. По умолчанию значение задано равными 100,0 В.

В шкафу защиты ШЭ2607 042043 напряжение срабатывания минимального реле напряжения НН1 (НН3) обозначается «ЗМН Унн1»

(«ЗМН УннЗ»); в шкафу защиты ШЭ2710 542543 – «УминЗМН НН1» («УминЗМН ННЗ»).

1.14.3 Выбор времени срабатывания

Время срабатывания задается в секундах и регулируется в диапазоне от 0,05 до 27,00 с шагом 0,01 с. По умолчанию значение задано равным 27,00 с.

В шкафу защиты ШЭ2607 042043 время срабатывания обозначается «Тср ЗМН Унн1» («Тср ЗМН УннЗ»); в шкафу защиты ШЭ2710 542543 – «Тср ЗМН НН1» («Тср ЗМН ННЗ»).

1.15 Защита от дуговых замыканий

Защита от дуговых замыканий (ЗДЗ) имеется только в шкафах защиты автотрансформаторов ШЭ2607 042043 и ШЭ2710 542543 и содержит параметры срабатывания по выдержкам времени.

В терминалах предусмотрен прием сигналов и логика дуговой защиты двух секций шин НН. При приеме сигнала о срабатывании дуговой защиты комплексным РУ 1 (2) секции шин НН обеспечивается действие на отключение выключателя Q1 без пуска АПВ и на блокировку АВР СВ1 (НН).

Для пуска ЗДЗ 1СШ в ШЭ2607 042043 используется сигнал о пуске МТЗ НН от терминала БЭ2704 042.

Время блокировки Q1 (Q4) от ЗДЗ НН1 (ЗДЗ ННЗ) в терминалах обозначается «Тблок ЗДЗ1» («Тблок ЗДЗЗ») и регулируется в секундах в диапазоне от 0,05 до 27,00 с шагом 0,01. Рекомендуемое значение составляет 3,00 с.

1.16 Защита от неполнофазного режима

Защита от непереключения фаз (ЗНФ) и от неполнофазного режима (ЗНФР) имеется в шкафу защиты трансформатора ШЭ2607 041073, содержит реле тока и выдержки времени. Защита используется для выключателей с пофазным управлением электромагнитов.

По сигналу о неполнофазном включении выключателя производится автоматическое отключение включившихся фаз с выдержкой времени, регулируемой в диапазоне от 0,1 до 0,2 с, отстроенной от разновременности действия фаз выключателя.

Если принудительное отключение выключателя не ликвидирует неполнофазный режим, то с выдержкой времени 1 секунда при отсутствии команды на отключение выключателя схема формирует сигнал в цепи управления контактора электромагнита отключения выключателя (ЭМО).

1.16.1 Выбор тока срабатывания реле тока ЗНФР

Реле тока ЗНФР реагирует на ток нулевой последовательности. Обеспечивается отстройка реле тока ЗНФР от аperiodического и

периодического броска намагничивающего тока. Ток срабатывания реле тока ЗНФР регулируется в диапазоне от 0,05 до 30 $I_{НОМ}$.

В шкафу защиты ШЭ2607 041073 ток срабатывания реле тока ЗНФР обозначается «**Иср РТ ЗНФР**». Рекомендуется выставлять минимальное значение в диапазоне от 0,05 до 0,10 А.

1.16.2 Выбор времени задержки на срабатывание

Время задержки на срабатывание ЗНФ обозначается «**Время ср.ЗНФ**» и регулируется в секундах в диапазоне от 0,10 до 0,20 с шагом 0,01. По умолчанию значение принимается равным 0,10 с.

Время задержки на срабатывание ЗНФР обозначается «**Время ср.ЗНФР**» и регулируется в секундах в диапазоне от 0,25 до 10,00 с шагом 0,01. Рекомендуется принимать значение времени задержки на срабатывание ЗНФР равным 1,5 с – при отсутствии ОАПВ на ВЛ 220 кВ; и значение равным 0,25 с – при фиксации цикла ОАПВ.

1.17 Защита линейного регулировочного трансформатора

Защита линейного регулировочного трансформатора (ЛРТ) имеется в шкафу защиты автотрансформатора ШЭ2710 542543 и содержит реле тока автоматике охлаждения ЛРТ и реле тока блокировки РПН ЛРТ.

Ток срабатывания реле тока для АО ЛРТ определяется по выражению

$$I_{АО,ЛРТ} = K_{УСТ} \cdot \frac{I_{НОМ,ЛРТ}}{K_{ТТ,ЛРТ}}, \quad (1.36)$$

где $K_{УСТ}$ – коэффициент параметра срабатывания; для реле тока АО 1-ой ступени $K_{УСТ} = 0,4$, для 2-ой ступени $K_{УСТ} = 0,8$;

$K_{ТТ,ЛРТ}$ – коэффициент трансформации ТТ ЛРТ;

$I_{НОМ,ЛРТ}$ – номинальный первичный ток ЛРТ.

В шкафу защиты ток срабатывания обозначается «**ИохлЛРТ**» и регулируется в диапазоне от 0,10 до 100,00 А с шагом 0,01 А.

Ток срабатывания блокировки РПН ЛРТ в шкафу защиты обозначается «**ИблокЛРТ**» и регулируется в диапазоне от 0,10 до 100,00 А с шагом 0,01 А. По умолчанию принимает максимальное значение, равное 100,00 А.

1.18 Выбор выдержек времени

В данном пункте приведен выбор выдержек времени, которые не относятся к основным защитам и задаются в таблице параметров срабатывания в графе «Общая логика».

1.18.1 Выбор выдержки времени подхвата срабатывания выходных цепей

Выдержка времени выбирается из условия обеспечения надежного отключения выключателей и пуска УРОВ; в зависимости от времени

отключения выключателя – для современных элегазовых выключателей в секундах в диапазоне от 0,05 до 0,10, для масляных выключателей – от 0,2 до 0,3.

Выдержка времени подхвата срабатывания выходных цепей в шкафах защиты трансформатора ШЭ2607 041, ШЭ2607 041073 обозначается «**Время подхв.**»; в шкафах защиты автотрансформатора ШЭ2607 042, ШЭ2607 042043, ШЭ2710 542, ШЭ2710 542543, ШЭ2710 544 – «**Т вых.цепей**».

Выдержка времени регулируются в диапазоне от 0,05 до 0,60 с.

1.18.2 Выбор выдержки времени срабатывания неисправности цепей напряжения

При длительном появлении сигналов $U_{AB<}$, $U_{BC<}$ или $U_{2>}$ через выдержку времени срабатывания неисправности цепей напряжения выдается сигнал «Неисправность цепей напряжения».

Выдержка времени имеется в шкафах защиты автотрансформатора ШЭ2710 542 и ШЭ2710 544, обозначается «**Тнеис.ЦН**» и регулируется в секундах в диапазоне от 0,05 до 27,00. По умолчанию принимает значение 10,00 с.

1.19 Пример расчета ДТЗ трехобмоточного трансформатора

В настоящем примере дан расчет ДТЗ понижающего трехобмоточного трансформатора 115/38,5/11 кВ мощностью 40 МВА. Трансформатор имеет встроенное регулирование напряжения под нагрузкой (РПН) в нейтрали ВН в пределах $\pm 16\%$ номинального и переключения (ПБВ) ответвлений обмотки СН трансформатора в пределах $\pm(2 \times 2,5\%)$ номинального напряжения.

Трансформатор установлен на двухтрансформаторной подстанции; предусматривается питание трансформаторов со стороны ВН и параллельная работа трансформаторов на стороне 110 и 35 кВ. Исходная схема для примера расчета приведена на рисунке 1.6, схема замещения прямой (обратной) последовательности приведена на рисунке 1.7. На рисунках 1.8 – 1.10 представлены схемы для расчета токов коротких замыканий в расчетных точках системы.

Пример рассчитан в именованных единицах. Сопротивления, приведенные к стороне высшего напряжения, на рисунке 1.7 указаны в Омах.

Сопротивления защищаемого трансформатора рассчитаны при возможных крайних положениях регулятора.

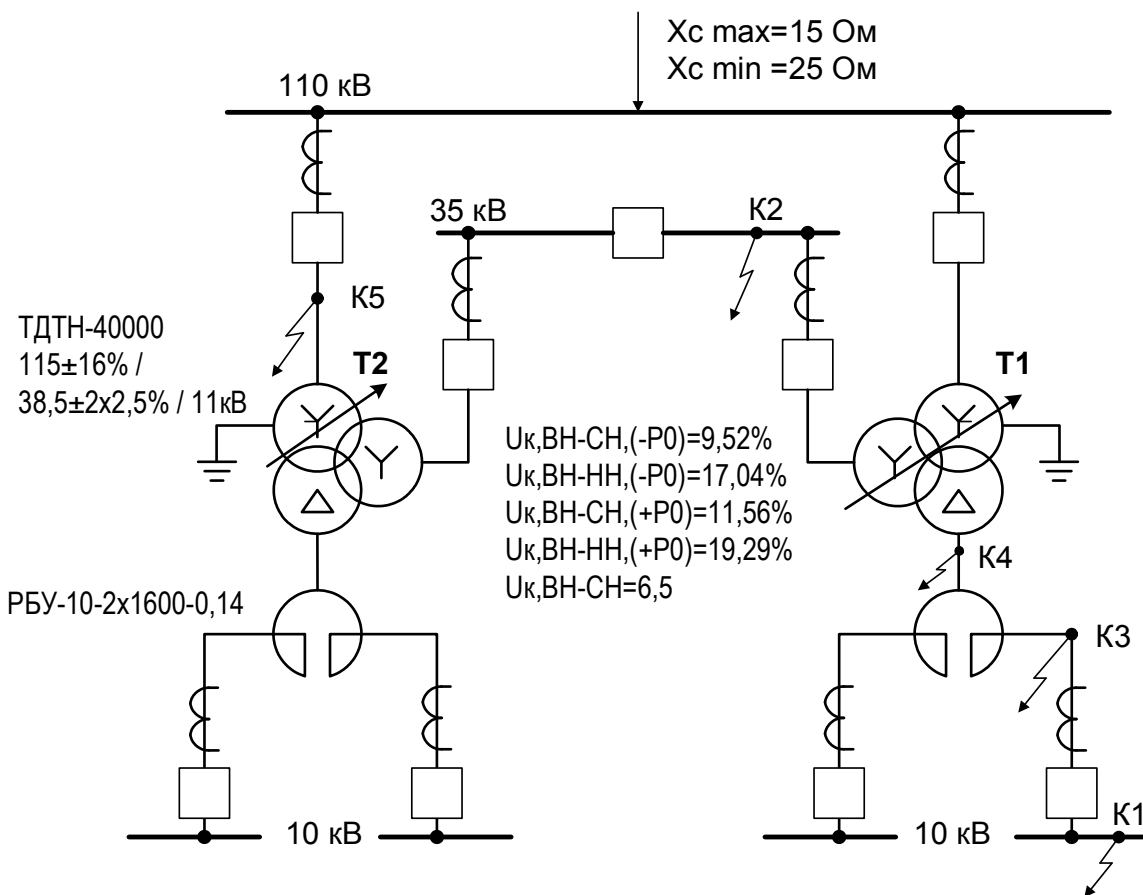


Рисунок 1.6 – Исходная схема для расчета дифференциальной токовой защиты трансформатора

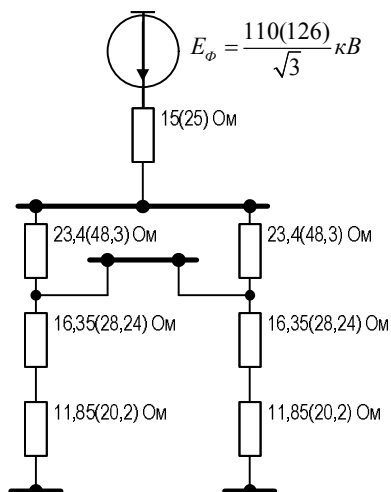


Рисунок 1.7 – Схема замещения прямой (обратной) последовательности

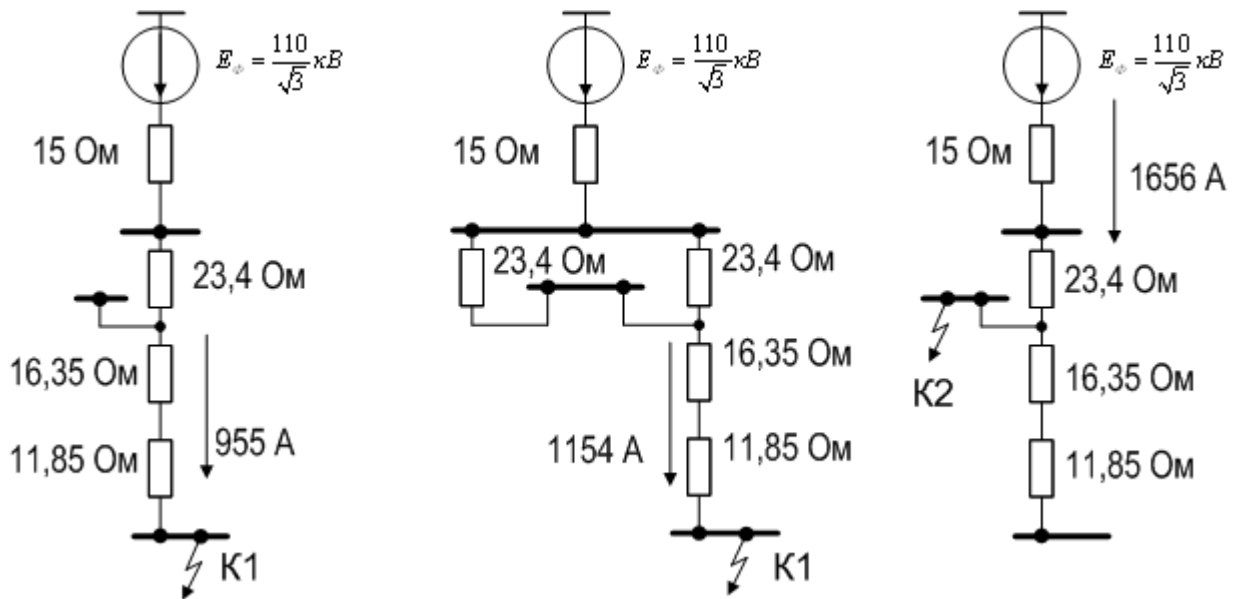


Рисунок 1.8 – Схемы замещения для определения токов в трансформаторе при внешних трехфазных КЗ в точках K_1 и K_2 в максимальном режиме работы системы при раздельной и параллельной работе трансформаторов на подстанции

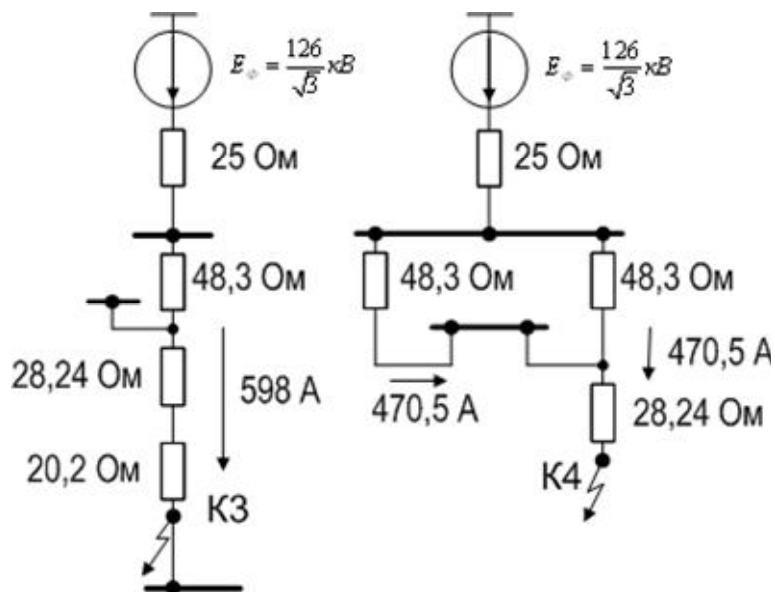


Рисунок 1.9 – Схемы замещения для определения токов в трансформаторе при трехфазных КЗ в защищаемой зоне в минимальном режиме работы системы

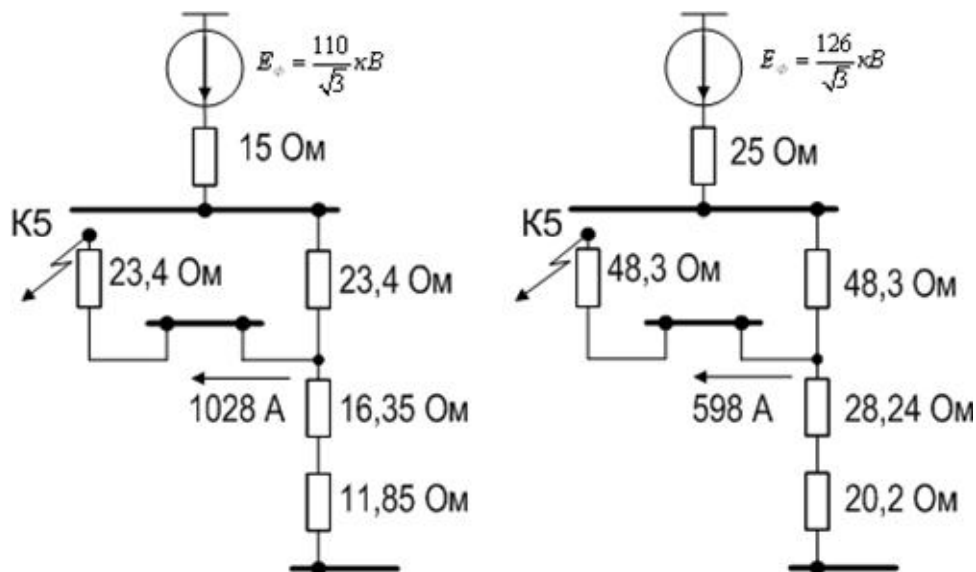


Рисунок 1.10 – Схемы замещения для определения токов в трансформаторе при внешнем трехфазном КЗ (K_5) в максимальном и в минимальном режиме работы системы при отключенном выключателе ВН трансформатора Т2 на подстанции

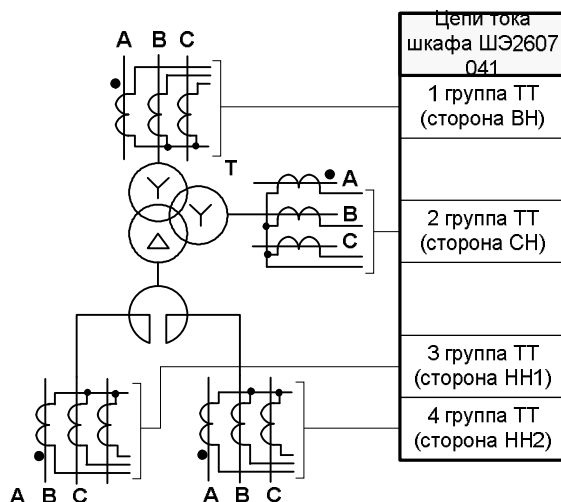


Рисунок 1.11 – Схема подключения шкафа ШЭ2607 041 к ТТ

Примечание – В схеме замещения напряжения питающей системы и сопротивления трансформатора указаны для крайних, реально возможных отклонений регулятора в сторону уменьшения и увеличения (в скобках) напряжения регулируемой обмотки (РО); сопротивления системы указаны для максимального и минимального (в скобках) режима работы.

1.19.1 Параметрирование терминала

Схема соединения силового трансформатора ВН/СН/НН – Y/Y/Δ.

Вторичные обмотки главных ТТ на всех сторонах соединены по схеме «звезда»:

Сторона	Наимен.	Сх. соед. обм. Т ($K_{СХ,ОБМ,СТОП}$)	Сх. соед. втор. обм. ТТ ($K_{СХ,ТТ,СТОП}$)	Сх. вкл. ТТ на стор. 3(4) ($K_{ВКЛ,ТТ,СТОП}$)	Коэфф. трансформации ТТ ($K_{ТТ,СТОП}$)
1	ВН	Y ($K_{СХ,ОБМ,ВН}=1$)	Y ($K_{СХ,ТТ,ВН}=1$)	–	400/5
2	СН	Y ($K_{СХ,ОБМ,СН}=1$)	Y ($K_{СХ,ТТ,СН}=1$)	–	1500/5
3	НН1	Δ ($K_{СХ,ОБМ,НН1}=\sqrt{3}$)	Y ($K_{СХ,ТТ,НН1}=1$)	$K_{ВКЛ,ТТ,НН1}=1$	3000/5
4	НН2	Δ ($K_{СХ,ОБМ,НН2}=\sqrt{3}$)	Y ($K_{СХ,ТТ,НН2}=1$)	$K_{ВКЛ,ТТ,НН2}=1$	3000/5

Таким образом, в соответствии с выражением Б.1 Приложения Б получаем:

$$K_{СХ, ВН/НН1} = \frac{K_{СХ,ОБМ,ВН}}{K_{СХ,ОБМ,НН1}} \cdot \frac{K_{СХ,ТТ,ВН}}{K_{СХ,ТТ,НН1} \cdot K_{ВКЛ,ТТ,НН1}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{1 \cdot 1} = \frac{1}{\sqrt{3}},$$

$$K_{СХ, СН/НН1} = \frac{K_{СХ,ОБМ,СН}}{K_{СХ,ОБМ,НН1}} \cdot \frac{K_{СХ,ТТ,СН}}{K_{СХ,ТТ,НН1} \cdot K_{ВКЛ,ТТ,НН1}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{1 \cdot 1} = \frac{1}{\sqrt{3}}.$$

В зависимости от результата расчета $K_{СХ,ВН/НН1}$ и $K_{СХ,СН/НН1}$, в соответствии с Приложением Б таблицей Б.1, выбирается значение параметра:

«Схема соединения ВН/НН1» – Y/ Δ ,
«Схема соединения СН/НН1» – Y/ Δ .

Первичные токи трансформатора, соответствующие типовой мощности, составляют:

$$\text{на стороне ВН 110 кВ: } I_{НОМ, ВН} = \frac{S_{НОМ, ТР}}{\sqrt{3} \cdot U_{СТОП}} = \frac{40000}{\sqrt{3} \cdot 115} = 201(A)$$

$$\text{на стороне СН 35 кВ: } I_{НОМ, СН} = \frac{40000}{\sqrt{3} \cdot 38,5} = 600 (A),$$

$$\text{на стороне НН1 и НН2 10 кВ: } I_{НОМ, НН1(НН2)} = \frac{40000}{\sqrt{3} \cdot 11} = 2099,5 (A).$$

Базисные токи по сторонам соответственно равны:

на стороне ВН 110кВ:

$$I_{БАЗ, ВН} = \frac{K_{СХ, ТТ, ВН} \cdot K_{АТ, ВН}}{K_{ТТ, ВН}} \cdot I_{НОМ, ВН} = \frac{1 \cdot 1}{400/5} \cdot 201 = 2,512 (A),$$

$$\text{на стороне СН 35 кВ: } I_{БАЗ, СН} = \frac{1 \cdot 1}{1500/5} \cdot 600 = 2,0 (A),$$

$$\text{на стороне НН1 и НН2 10 кВ: } I_{БАЗ, НН1(НН2)} = \frac{1 \cdot 1}{3000/5} \cdot 2099,5 = 3,5 (A).$$

1.19.2 Расчет и выбор параметров срабатывания ДТЗ

1.19.2.1 Ток начала торможения ДТЗ

Согласно рекомендациям в п.1.3.1 принимаем ток начала торможения равным $I_{Т.0} = 1,0$.

1.19.2.2 Относительный начальный ток срабатывания ДТЗ

Определяется в соответствии с выражением (1.6):

$$I_{Д.0} \geq K_{ОТС} \cdot I_{НБ,РАСЧ*} = K_{ОТС} \cdot (K_{ОДН} \cdot K_{ПЕР} \cdot \varepsilon + \Delta U_{РПН} + \Delta f_{ВЫР} + \Delta f_{ПТТ}) \cdot I_{Т.0,РАСЧ},$$

где $\Delta U_{РПН}$ – относительная погрешность, обусловленная регулированием напряжения на сторонах защищаемого трансформатора; принимается равной большему значению диапазона регулирования $\Delta U_{РПН} = \max(\Delta U_{РПН,МАХ}; \Delta U_{РПН,МИН}) = 0,16$, так как регулирование на стороне ВН (-16;+16) %, а на стороне СН (-5;+5) %;

$\varepsilon = 0,1$ – относительное значение полной погрешности ТТ в режиме КЗ. В соответствии с [18] для ТТ 10Р погрешность принимается – 0,1, а для ТТ 5Р – 0,05;

$I_{Т.0,РАСЧ} = 1,0$ – принимаем значение расчетного тока начала торможения согласно рекомендованному фирмой «ЭКРА».

Принимаем $K_{ОТС} = 1,3$, $K_{ОДН} = 1,0$, $K_{ПЕР} = 2,0$, $\Delta f_{ВЫР} = 0,02$, $\Delta U_{РПН} = 0,16$.

Внешний промежуточный выравнивающий трансформатор или автотрансформатор (АТ-31 или АТ-32) не используется, поэтому $\Delta f_{ПТТ} = 0$.

Получаем относительный начальный ток срабатывания:

$$I_{Д.0} = 1,3 \cdot (2,0 \cdot 1,0 \cdot 0,10 + 0,16 + 0,02 + 0) \cdot 1,0 = 0,494.$$

Принимаем $I_{Д.0} = 0,5$.

1.19.2.3 Коэффициент торможения

Определяется коэффициент торможения в соответствии с выражением (1.11).

Принимаем для расчета $\varepsilon = 0,10$, $\beta = 15^\circ$.

Определяем максимальный первичный ток, протекающий через защищаемый трансформатор при внешнем КЗ (схема замещения для расчета максимального тока КЗ (K_2) приведена на рисунке 1.8):

$$I_{КЗ,Ме,СТОП} = \frac{110 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot (15 + 23,4)} = 1656 \text{ (А)}, \text{ приведенное к стороне ВН.}$$

$$I_{СКВ*} = \frac{I_{КЗ,Ме,СТОП}}{I_{БАЗ,СТОП}} \cdot \frac{K_{СХ,ТТ,СТОП}}{K_{ТТ,СТОП}} = \frac{1656}{2,512} \cdot \frac{1}{400/5} = 8,24,$$

$$I_{НБ} = (K_{ПЕР} \cdot K_{ОДН} \cdot \varepsilon + \Delta U_{РПН} + \Delta f_{ВЫР} + \Delta f_{ПТТ}) \cdot I_{СКВ*} = 0,38 \cdot 8,24 = 3,13,$$

$$I_T = \sqrt{I_{СКВ*} \cdot (I_{СКВ*} - I_{НБ}) \cdot \cos \beta} = \sqrt{8,24 \cdot (8,24 - 3,13) \cdot \cos 15^\circ} = 6,38,$$

$$K_T \geq \frac{K_{ОТС} \cdot I_{НБ} - I_{Д.0}}{I_T - I_{Т.0}} = \frac{1,1 \cdot 3,13 - 0,5}{6,38 - 1,0} = 0,55.$$

Принимаем $K_T = 0,6$.

1.19.2.4 Ток торможения блокировки ДТЗ

Для исключения отказа защиты при максимальных нагрузках трансформатора рассчитаем ток торможения блокировки в соответствии с выражением (1.8):

$$I_{Т.БЛ} = 1,1 \cdot 1,8 \cdot \frac{201}{2,512} \cdot \frac{1}{400/5} = 1,98.$$

Принимаем значение тока торможения блокировки $I_{Т.БЛ} = 2,0$.

1.19.2.5 Ток срабатывания дифференциальной отсечки

По условию отстройки от БТН:

$$I_{ОТС*} \geq 6,5,$$

а также по условию отстройки от максимального тока небаланса при внешнем КЗ, определяемого по выражению (1.13):

$$I_{ОТС*} = 1,5 \cdot I_{КЗ*} \cdot (K_{ПЕР} \cdot K_{ОДН} \cdot \varepsilon + \Delta U_{РПН} + \Delta f_{ВЫР} + \Delta f_{ПТТ}) =$$

$$= 1,5 \cdot \frac{1656 \cdot 1}{2,512 \cdot 400/5} \cdot (3,0 \cdot 1,0 \cdot 0,10 + 0,16 + 0,5 \cdot 0,05 + 0,02 + 0) = 1,5 \cdot 8,24 \cdot 0,505 = 6,24$$

Принимаем $I_{ОТС*} = 6,5$.

1.19.2.6 Уровень блокировки по 2-ой гармонике

Принимаем $K_{2БЛ} = 0,1$.

На рисунке 1.12 представлена характеристика срабатывания, построенная по рассчитанным уставкам.

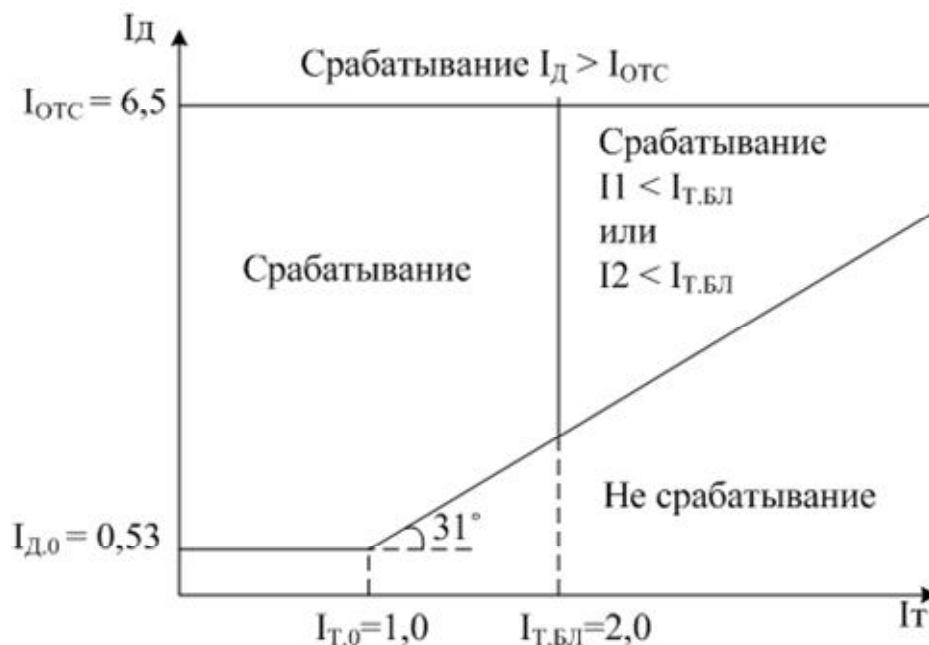


Рисунок 1.12 – Характеристика срабатывания ДТЗ

1.19.2.7 Проверка чувствительности ДТЗ Т

Вид КЗ в защищаемой зоне и режим работы систем	Коэффициент чувствительности ДТЗ	
	$U_{НОМ} - \Delta U_{РО}$	$U_{НОМ} + \Delta U_{РО}$
КЗ между двумя фазами на стороне НН трансформатора Т1 за реактором при раздельной работе Т1(Т2)	$\frac{596 \cdot \sqrt{3} / 2}{0,53 \cdot 2,512 \cdot 400 / 5} =$ $= \frac{516,15}{106,5} = 4,85$	$\frac{995 \cdot 0,867}{106,5} =$ $= \frac{862,665}{106,5} = 8,1$
КЗ между двумя фазами на стороне НН трансформатора Т1 за реактором при совместной работе Т1(Т2) на стороне ВН и СН	$\frac{745 \cdot 0,867}{106,5} = 6,05$	$\frac{1154 \cdot 0,867}{106,5} = 9,38$
КЗ между двумя фазами на выводе НН трансформатора Т1 при раздельной работе Т1(Т2)	$\frac{716 \cdot 0,867}{106,5} = 5,82$	$\frac{1160 \cdot 0,867}{106,5} = 9,43$
КЗ между двумя фазами на выводе НН трансформатора Т1 при совместной работе Т1(Т2) на стороне ВН и СН	$\frac{941 \cdot 0,867}{106,5} = 7,65$	$\frac{1475 \cdot 0,867}{106,5} = 11,99$

Минимальный расчетный коэффициент чувствительности
 $K_{ч,РАСЧ} = 4,85$.

Чувствительность защиты обеспечивается с большим запасом ($K_{ч} > 2$)
во всём диапазоне токов и во всех режимах.

Раздел 2. Защита шунтирующих реакторов

В соответствии с [15] (п.3.2.52) для шунтирующих реакторов 330-750 кВ следует предусматривать устройства релейной защиты от следующих видов повреждений и ненормальных режимов работы:

- а) однофазных и двухфазных коротких замыканий на землю в обмотках и на выводах;
- б) витковых замыканий в обмотках;
- в) понижения уровня масла;
- г) частичного пробоя изоляции вводов, если вводы маслонаполненные.

В таблице 2.1 представлен перечень защит, обязательных для защиты шунтирующего реактора.

Таблица 2.1 – Перечень обязательных защит шунтирующего реактора

Название защиты	Описание защиты
Газовая защита	Используется как чувствительная защита от внутренних повреждений шунтирующих реакторов. Сигнал от газового реле принимается микропроцессорной защитой.
Продольная дифференциальная токовая защита	Предназначена для защиты от повреждений на выводах, если включается на выносные ТТ, и в параллельных обмотках ШР. Выполняется пофазной и со стороны линейного ввода подключается к ТТ, встроенным в высоковольтный ввод или к выносным ТТ, а со стороны нейтрали – либо к ТТ, встроенным в параллельные ветви обмотки ШР со стороны вводов к нейтрали ШР, либо к выносным ТТ со стороны вводов к нейтрали ШР при отсутствии встроенных ТТ.
Поперечная дифференциальная токовая защита	Используется в качестве защиты ШР от витковых замыканий. Выполняется пофазной и подключается к ТТ, встроенным в параллельные обмотки ШР со стороны нейтрали, либо на дифференциальный ТТ типа ДТФ.
Токовая защита нулевой последовательности (ТЗНП)	Используется для защиты от витковых замыканий. Устанавливается на ШР, имеющих один ввод нейтрали. Предусматриваются две ступени ТЗНП. В шкафах «ЭКРА» защита выполняется ненаправленной.
Контроль изоляции вводов (КИВ)	Предназначен для контроля состояния изоляции вводов в процессе эксплуатации, если вводы маслонаполненные.

Название защиты	Описание защиты
Устройство резервирования при отказе выключателя (УРОВ)	Устанавливается со стороны линейных вводов шунтирующего реактора.

Ниже приведен расчет параметров срабатывания защит шунтирующего реактора, выполненных с помощью микропроцессорного шкафа защиты ШЭ2710 541 производства ООО НПП «ЭКРА».

2.1 Краткое описание шкафа защиты ШЭ2710 541

В соответствии с руководством по эксплуатации [9] шкаф типа ШЭ2710 541 предназначен для защиты шунтирующего реактора 330-750 кВ.

Шкаф ШЭ2710 541 состоит из одного комплекта и содержит:

- продольную дифференциальную токовую защиту (продольную ДТЗ ШР);
- поперечную дифференциальную токовую защиту (ПДЗР);
- токовую защиту нулевой последовательности;
- устройство контроля изоляции высоковольтных маслонаполненных вводов (КИВ);
- токовые реле для пуска автоматики охлаждения;
- контроль тока для автоматики пуска пожаротушения (АПЖ);

а также содержит функцию автоматики охлаждения и обеспечивает прием сигналов от сигнальных и отключающих ступеней газовых реле, от датчиков повышения и понижения температуры масла шунтирующего реактора цепи пуска пожаротушения.

В зависимости от выполнения поперечной дифференциальной токовой защиты шкаф имеет два исполнения:

- с подключением к ТТ, встроенным в параллельные обмотки ШР со стороны нейтрали (схема подключения ТТ представлена на рисунке 2.1, а);
- с подключением на дифференциальный ТТ типа ДТФ, устанавливаемый для каждой фазы реактора (схема подключения ТТ представлена на рисунке 2.1, б).

Примечание – На схемах подключения со стороны линейного ввода (ЛВ) используются встроенные ТТ.

На схеме подключения ТТ типа ДТФ (рисунок 2.1, б) условно стрелками показано встречное направление токов внутри ДТФ.

В таблице А10 Приложения А приведен перечень параметров для задания в терминале защиты, рассмотренных в данных методических указаниях, а также такие данные, как диапазон задания, шаг, единица измерения и значение по умолчанию.

2.2 Газовая защита шунтирующего реактора

Газовая защита шунтирующего реактора используется в качестве чувствительной защиты при повреждениях, сопровождающихся выделением газа, а также при резком понижении уровня масла.

Основным достоинством газовой защиты являются простота её устройства, высокая чувствительность, малое время действия при значительных повреждениях, действие на сигнал или отключение в зависимости от размеров повреждения.

Требования к микропроцессорным устройствам таковы, что они должны обеспечивать прием сигнала от газовой защиты защищаемого шунтирующего реактора.

В шкафу защиты ШЭ2710 541 предусмотрен прием сигналов от отключающих ступеней ГЗ с помощью отдельных электромеханических реле. Обеспечено питание этих реле от отдельного оперативного тока, а также сигнализация при исчезновении данного оперативного тока. Контактными реле осуществляется действие на отключение ШР через выходные отключающие группы шкафа и через выходные отключающие группы дублирующего шкафа.

2.2.1 Выбор времени срабатывания неисправности цепей

Параметр срабатывания «Т неис.ГЗ» – определяет время срабатывания неисправности цепей оперативного тока ГЗ (подается напряжение оперативного постоянного тока от питания отключающих ступеней ГЗ) и при исчезновении напряжения через выдержку времени выдается светодиодная сигнализация «Неисправность опер. тока ГЗ».

Время срабатывания неисправности цепей в терминале шкафа защиты ШР обозначается «Т неис.ГЗ» и регулируется в секундах в диапазоне от 0,05 до 27,00. Значение по умолчанию принимается из диапазона от 9,00 до 10,00 с.

2.3 Продольная дифференциальная токовая защита

Продольная дифференциальная токовая защита шунтирующего реактора (ДТЗ ШР) используется в качестве основной защиты от внутренних повреждений и от повреждений на выводах.

Продольная ДТЗ ШР выполняется пофазной и со стороны линейного ввода через промежуточные трансформаторы тока подключается к ТТ, встроенным в высоковольтный ввод, а со стороны нейтрали – либо к ТТ, встроенным в параллельные ветви обмотки шунтирующего реактора со стороны вводов к нейтрали ШР, либо к выносным ТТ со стороны вводов к нейтрали шунтирующего реактора при отсутствии встроенных ТТ.

Для всех сторон производится выравнивание входных токов ТТ согласно расчету, приведенному в Приложении В, п.3.

Реле продольной ДТЗ ШР состоит из нескольких функций:

- формирователя дифференциального и тормозного сигналов (ФДТС);
- чувствительного дифференциального токового органа;
- дифференциальной токовой отсечки.

Выровненные токи подаются на входы реле продольной ДТЗ ШР, которые выполнены пофазными и срабатывают при замыканиях на землю и междуфазных замыканиях в зоне действия защиты.

ФДТС рассчитывает дифференциальный и тормозной токи. Дифференциальный ток ($I_{д}$) определяется как модуль геометрической суммы всех токов, поступающих на входы реле продольной ДТЗ ШР (токи сторон ЛВ, НВ1, НВ2) по выражению ($I_{д}^* = I_{НВ1}^* + I_{НВ2}^*$). Тормозной ток ($I_{Т}$) определяется как сумма токов сторон НВ1 и НВ2 по выражениям (2.2) и (2.3).

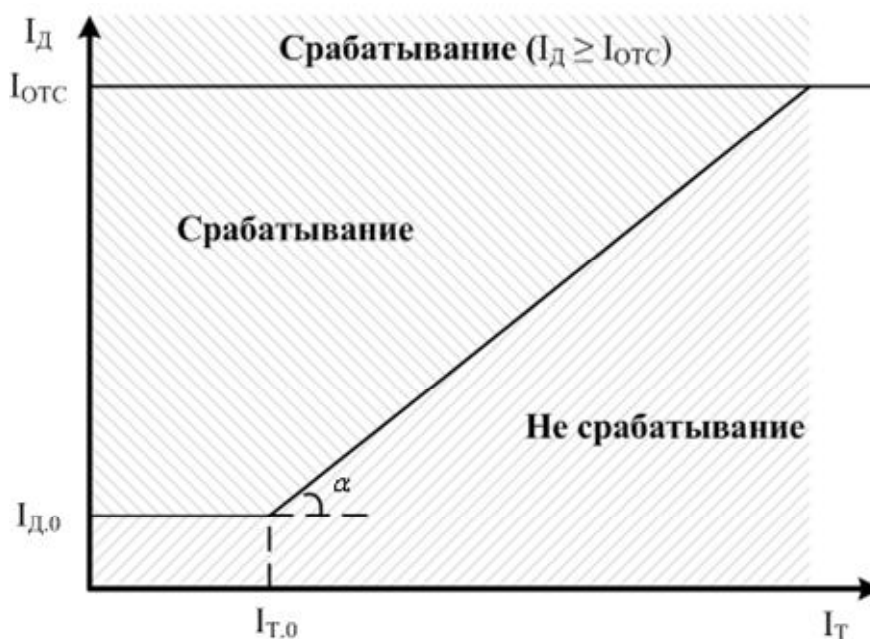
Чувствительный токовый орган продольной ДТЗ ШР имеет характеристику срабатывания, приведенную на рисунке 2.2. Характеристика срабатывания имеет:

- горизонтальный участок, определяемый током начала торможения;
- наклонный участок, определяемый коэффициентом торможения.

Горизонтальный участок характеристики срабатывания позволяет обеспечить чувствительность ДТЗ ШР при малых токах КЗ.

Коэффициент торможения равен отношению приращения дифференциального тока к приращению тормозного тока в условиях срабатывания.

Дифференциальная отсечка предназначена для обеспечения надежной работы при больших токах повреждения в зоне действия защиты.



- $I_{д.0}$ – начальный ток срабатывания продольной ДТЗ ШР;
- $I_{Т.0}$ – ток начала торможения продольной ДТЗ ШР;
- $K_T = \text{tg } \alpha$ – коэффициент торможения продольной ДТЗ ШР;
- $I_{отс}$ – ток срабатывания дифференциальной отсечки

Рисунок 2.2 – Характеристика срабатывания продольной ДТЗ ШР

Дифференциальный ток для продольной ДТЗ ШР, в терминалах БЭ2704 защит ШР, определяется по выражениям:

для ШР с НВ1 и НВ2:

$$I_{\text{диф.ПРОД}} = | \dot{I}_{\text{ЛВ}}^* + \dot{I}_{\text{НВ1}}^* + \dot{I}_{\text{НВ2}}^* |,$$

для ШР с НВ:

$$I_{\text{диф.ПРОД}} = | \dot{I}_{\text{ЛВ}}^* + \dot{I}_{\text{НВ}}^* |. \quad (2.1)$$

Тормозной ток для продольной ДТЗ ШР, в терминалах БЭ2704 защит ШР, определяется по выражениям:

для ШР с НВ1 и НВ2:

$$I_{\text{ТОРМ}} = | \dot{I}_{\text{НВ1}}^* | + | \dot{I}_{\text{НВ2}}^* |, \quad (2.2)$$

для ШР с НВ:

$$I_{\text{ТОРМ}} = | \dot{I}_{\text{НВ}}^* |, \quad (2.3)$$

где $\dot{I}_{\text{ЛВ}}^* = \dot{I}_{\text{ЛВ}} / I_{\text{БАЗ,ЛВ}}$ – выровненный ток стороны ЛВ;
 $\dot{I}_{\text{НВ1}}^* = \dot{I}_{\text{НВ1}} / I_{\text{БАЗ,НВ1}}$ – выровненный ток стороны НВ1;
 $\dot{I}_{\text{НВ2}}^* = \dot{I}_{\text{НВ2}} / I_{\text{БАЗ,НВ2}}$ – выровненный ток стороны НВ2.

Примечание – Подстройка базисных токов сторон НВ1, НВ2 для выравнивания различия токов в параллельных обмотках должна выполняться при наладке и вводе защиты в работу. При этом сумма значений базисных токов НВ1 и НВ2 до и после корректировки не должна меняться. Предварительно в расчетах погрешность выравнивания токов принимают 2 %, а при наладке путем замера токов в параллельных ветвях величина погрешности уточняется.

Численный пример корректировки приведен в Приложении В, п.3.

2.3.1 Выбор тока начала торможения

Ток начала торможения продольной ДТЗ ШР в шкафу защиты ШР обозначается « $I_{\text{т0 ДЗР}}$ » и регулируется в диапазоне от 0,60 до 2,00 с шагом 0,01. Рекомендуемое значение тока начала торможения 0,60.

2.3.2 Расчет начального тока срабатывания

Относительный начальный ток срабатывания продольной ДТЗ ШР (чувствительного органа) $I_{\text{Д.0}^*}$ в режиме включения определяется с помощью выражения:

$$I_{\text{Д.0}^*} = K_{\text{ОТС}} \cdot (K_{\text{ОДН}} \cdot K_{\text{ПЕР}} \cdot \varepsilon + \Delta f_{\text{ВЫР}} + \Delta f_{\text{ПТТ}}) \cdot I_{\text{Т.0,РАСЧ}}, \quad (2.4)$$

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

$K_{\text{ОДН}}$ – коэффициент однотипности для ТТ принимается равным 1,0 (в соответствии с рекомендациями фирмы «ЭКРА»);

$K_{\text{ПЕР}}$ – коэффициент, учитывающий переходный процесс и принимаемый равным 1,0;

ε – относительное значение полной погрешности ТТ, принимаемое равным 0,10;

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

$\Delta f_{\text{ПТТ}}$ – относительная погрешность выравнивания внешнего трансформатора или автотрансформатора (АТ-31 или АТ-32), если они используются. Токовая погрешность выравнивания внешних

автотрансформаторов АТ-31, АТ-32 не превышает 5% ($\Delta f_{\text{ПТТ}} = 0,05$) при подключении цепей защиты к вторичной обмотке выравнивающих автотрансформаторов, по данным завода-изготовителя;

$I_{\text{T},0,\text{РАСЧ}}$ – расчетное значение тока начала торможения, в качестве которого принимается принятое значение уставки (фирмой «ЭКРА» рекомендуется вне зависимости от принятого значения уставки принимать данное расчетное значение $I_{\text{T},0,\text{РАСЧ}}$ равным 1).

В шкафу защиты ШР начальный ток срабатывания $I_{\text{Д},0*}$ обозначается «**Иср ПрДЗР**» и регулируется в диапазоне от 0,05 до 1,00 с шагом 0,01.

2.3.3 Расчет коэффициента торможения

Алгоритм формирования тормозного тока для ДТЗ ШР приведен выше.

Коэффициент торможения определяется в режиме включения ШР по выражению:

$$K_{\text{T}} \geq \frac{K_{\text{ЗАП}} \cdot I_{\text{НБ},\text{РАСЧ}*} - I_{\text{Д},0*}}{I_{\text{ВКЛ}*} - I_{\text{T},0*}}, \quad (2.5)$$

где $K_{\text{ЗАП}}$ – коэффициент запаса, принимаемый равным 1,2;

$I_{\text{ВКЛ}*}$ – ток включения ШР, приведенный к базисному току стороны ЛВ;

$I_{\text{Д},0*}$ – начальный ток срабатывания;

$I_{\text{T},0*}$ – ток начала торможения;

$I_{\text{НБ},\text{РАСЧ}*}$ – относительное значение тока небаланса, вычисляемое по выражению:

$$I_{\text{НБ},\text{РАСЧ}} = (K_{\text{ОДН}} \cdot K_{\text{ПЕР}} \cdot \varepsilon + \Delta f_{\text{ВЫР}} + \Delta f_{\text{ПТТ}}) \cdot I_{\text{ВКЛ}*}, \quad (2.6)$$

где $K_{\text{ОДН}}$ – коэффициент однотипности для ТТ принимается равным 1,0;

$K_{\text{ПЕР}}$ – коэффициент переходного режима, принимаемый равным 1,7;

ε – относительное значение полной погрешности ТТ принимается равным 0,10;

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

$\Delta f_{\text{ПТТ}}$ – относительная погрешность выравнивания внешнего трансформатора или автотрансформатора (АТ-31 или АТ-32), если они используются. Токсовая погрешность выравнивания внешних автотрансформаторов АТ-31, АТ-32 не превышает 5% ($\Delta f_{\text{ПТТ}} = 0,05$) при подключении цепей защиты к вторичной обмотке выравнивающих автотрансформаторов, по данным завода-изготовителя.

Рекомендуемое фирмой «ЭКРА» значение коэффициента торможения составляет $K_{\text{T}} = 0,3$. Более высокие значения K_{T} выбираются в случае резко отличающихся условий работы ТТ при внешних КЗ (сильно отличающиеся нагрузки ТТ по сторонам ШР).

В шкафу защиты ШР коэффициент торможения обозначается «**Кт ДЗР**» и регулируется в диапазоне от 0,1 до 0,5 с шагом 0,1.

2.3.4 Выбор параметра срабатывания блокировки по второй гармонике

По опыту эксплуатации рекомендуется параметр срабатывания блокировки по второй гармонике для защит реакторов выбирать равной 0,15. (Как правило, параметр срабатывания по второй гармонике в шкафу защиты реактора не используется, и для ее вывода принимают максимальное значение параметра срабатывания).

В шкафу защиты ШР параметр срабатывания обозначается «Кбл по 2гар» и регулируется в диапазоне от 0,08 до 0,15 с шагом 0,01.

2.3.5 Расчет тока срабатывания дифференциальной отсечки

Ток срабатывания дифференциальной отсечки рассчитывается в относительных единицах и принимается равным значению, рассчитанному по условию отстройки от максимального тока небаланса при включении ШР по выражению:

$$I_{\text{отс}^*} = K_{\text{отс}} \cdot I_{\text{нб,расч}^*}, \quad (2.7)$$

где $K_{\text{отс}}$ – коэффициент отстройки, принимаемый равным 1,5;

$I_{\text{нб,расч}^*}$ – относительное значение тока небаланса, вычисляемое по выражению:

$$I_{\text{нб,расч}^*} = (K_{\text{одн}} \cdot K_{\text{пер}} \cdot \varepsilon + \Delta f_{\text{выр}} + \Delta f_{\text{птт}}) \cdot I_{\text{вкл}^*},$$

$I_{\text{вкл}^*}$ – ток включения ШР, приведенный к базисному току стороны ЛВ;

$K_{\text{одн}}$ – коэффициент однотипности для ТТ принимается равным 1,0;

$K_{\text{пер}}$ – коэффициент переходного режима, принимаемый из диапазона от 1,7 до 2,5;

ε – относительное значение полной погрешности ТТ в режиме, соответствующем установившемуся КЗ. В соответствии с [18] полная погрешность для ТТ 5Р и 10Р составляет 0,05 и 0,10 соответственно;

$\Delta f_{\text{выр}}$ – относительная погрешность выравнивания токов, подаваемых на терминал, принимается равной 0,02;

$\Delta f_{\text{птт}}$ – относительная погрешность выравнивания внешнего трансформатора или автотрансформатора (АТ-31 или АТ-32), если они используются. Токовая погрешность выравнивания внешних автотрансформаторов АТ-31, АТ-32 не превышает 5% ($\Delta f_{\text{птт}} = 0,05$) при подключении цепей защиты к вторичной обмотке выравнивающих автотрансформаторов, по данным завода-изготовителя.

В шкафу защиты ШР ток срабатывания дифференциальной отсечки обозначается «Диф.отсеч» и регулируется в диапазоне от 0,5 до 10,0 с шагом 0,1.

2.3.6 Проверка чувствительности продольной дифференциальной защиты

Проверка коэффициента чувствительности продольной ДТЗ ШР производится при металлическом КЗ расчетного вида на выводах ШР в режиме, обуславливающим наименьшее значение этого тока, по выражению:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{КЗ,МИН}^*}}{I_{\text{УСТ}}}, \quad (2.8)$$

где $I_{\text{КЗ,МИН}^*}$ – относительное значение тока на выводах ШР при расчетном виде КЗ в режиме, обуславливающим наименьшее значение тока;

$I_{\text{УСТ}}$ – принятое значение начального тока срабатывания продольной ДТЗ ШР.

Для продольной ДТЗ ШР должно быть обеспечено минимальное значение коэффициента чувствительности равное 2,0.

2.4 Поперечная дифференциальная токовая защита

Поперечная дифференциальная токовая защита (ПДЗР) используется в качестве защиты от повреждений шунтирующего реактора при витковых замыканиях, выполняется пофазной и подключается к ТТ, встроенным в параллельные обмотки ШР со стороны нейтрали, либо на дифференциальный ТТ типа ДТФ, устанавливаемый в каждую фазу реактора.

В нормальном режиме токи в параллельных ветвях различаются не более чем на $(2 \div 5) \%$; эта разница может быть уточнена с помощью замеров на конкретном защищаемом объекте.

В шкафу ШЭ2710 541 предусмотрена возможность выравнивания различия токов в параллельных ветвях ШР НВ1 и НВ2 в пределах $\pm 10\%$ от базисного тока стороны ($I_{\text{БАЗ.СТОР}}$) для уменьшения небаланса.

Ток торможения блокировки определяет переключение характеристики срабатывания ДТЗ с наклонного участка на вертикальный. Если оба тока $I_{\text{НВ1}}^*$ и $I_{\text{НВ2}}^*$ (в случае без подключения ДТФ), или ток $I_{\text{ДТФ}}^*$ (в случае с ДТФ) превышают значение тока торможения блокировки, то это означает появление внешнего КЗ с большим током. В этом режиме ДТЗ блокируется. Для защиты ШР ток торможения блокировки рассчитывать не обязательно.

ПДЗР имеет характеристику срабатывания, приведенную на рисунке 2.3, которая имеет:

- горизонтальный участок, определяемый током начала торможения;
- наклонный участок, определяемый коэффициентом торможения;
- вертикальный участок, определяемый током торможения блокировки.

Примечание – Наличие вертикального участка для ПДЗР не обязательно. Поэтому расчет и выбор тока торможения блокировки не предусмотрен. Ток торможения блокировки выбирается по умолчанию 1,5. Рекомендуемое значение составляет 3,0.

Параметр срабатывания по длине горизонтального участка ($I_{T.0}$) характеристики срабатывания ПДЗР равен параметру срабатывания по длине горизонтального участка ($I_{T.0}$) характеристики срабатывания продольной ДТЗ ШР. Коэффициент торможения ПДЗР равен коэффициенту торможения продольной ДТЗ ШР. В шкафу защиты данные параметры срабатывания для поперечной защиты считать не требуется, также данные параметры не отображены в таблице параметров срабатывания.

Дифференциальный ток для ПДЗР, в терминалах БЭ2704 защит ШР, определяется по выражениям:

для ШР с НВ1 и НВ2:

$$I_{\text{диф.попер}} = | \dot{I}_{\text{НВ1}}^* - \dot{I}_{\text{НВ2}}^* |, \quad (2.9)$$

для ШР с НВ и ДТФ:

$$I_{\text{диф.попер}} = | \dot{I}_{\text{ДТФ}}^* |. \quad (2.10)$$

Тормозной ток для ПДЗР, в терминалах БЭ2704 защит ШР, определяется по выражениям:

для ШР с НВ1 и НВ2:

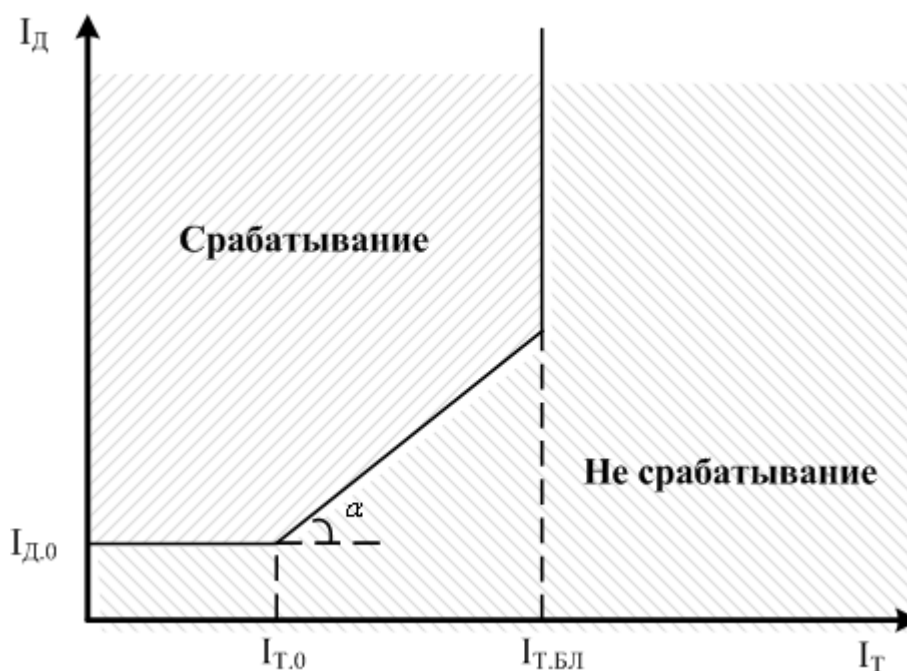
$$I_{\text{торм}} = | \dot{I}_{\text{НВ1}}^* | + | \dot{I}_{\text{НВ2}}^* |, \quad (2.11)$$

для ШР с НВ и ДТФ:

$$I_{\text{торм}} = | \dot{I}_{\text{НВ}}^* |. \quad (2.12)$$

Примечание – Подстройка базисных токов сторон НВ1, НВ2 для выравнивания различия токов в параллельных обмотках должна выполняться при наладке и вводе защиты в работу. При этом сумма значений базисных токов НВ1 и НВ2 до и после корректировки не должна меняться. Предварительно в расчетах погрешность выравнивания токов принимают 2 %, а при наладке путем замера токов в параллельных ветвях величина погрешности уточняется.

Пример корректировки приведен в п.3 Приложения В.



$I_{д.0}$ – ток срабатывания ПДЗР;

$I_{т.0}$ – ток начала торможения ПДЗР;

$K_t = \operatorname{tg} \alpha$ – коэффициент торможения ПДЗР;

$I_{т.бл}$ – ток торможения блокировки ПДЗР

Рисунок 2.3 – Характеристика срабатывания ПДЗР

2.4.1 Расчет начального тока срабатывания

Начальный ток срабатывания ПДЗР (чувствительного органа) при отсутствии торможения определяется в режиме включения ШР по выражению:

$$I_{д.0*} = 0,5 \cdot K_{отс} \cdot I_{нб,расч*}, \quad (2.13)$$

где $K_{отс}$ – коэффициент отстройки, учитывающий погрешности реле, ошибки расчета и необходимый запас; может быть принят равным 1,2;

$I_{нб,расч*}$ – относительное значение тока небаланса, вычисляемое по выражению:

$$I_{нб,расч*} = (K_{одн} \cdot K_{пер} \cdot \varepsilon + \Delta f_{выр} + \Delta f_{птт}) \cdot I_{т.0,расч},$$

$K_{одн}$ – коэффициент однотипности для ТТ, принимаемый равным 1,0;

$K_{пер}$ – коэффициент переходного режима, принимаемый равным 1,7;

ε – относительное значение полной погрешности ТТ, принимаемое равным 0,10;

$\Delta f_{выр}$ – относительная погрешность выравнивания токов, подаваемых на терминал, принимается равной 0,02;

$\Delta f_{птт}$ – относительная погрешность выравнивания внешнего трансформатора или автотрансформатора (АТ-31 или АТ-32), если они используются. Токсовая погрешность выравнивания внешних автотрансформаторов АТ-31, АТ-32 не превышает 5% ($\Delta f_{птт} = 0,05$) при подключении цепей защиты к вторичной обмотке выравнивающих автотрансформаторов, по данным завода-изготовителя;

$I_{Т,0,РАСЧ}$ – расчетное значение тока начала торможения, в качестве которого принимается принятое значение уставки (фирмой «ЭКРА» рекомендуется вне зависимости от принятого значения уставки принимать данное расчетное значение $I_{Т,0,РАСЧ}$ равным 1).

Для ШР с подключением к ТТ типа ДТФ в расчете не будет учитываться составляющая небаланса, обусловленная различием ТТ и различием выравнивания токов, то есть $\Delta f_{ВЫР} = 0$.

В шкафу защиты ШР Начальный ток срабатывания ПДЗР обозначается «**Isr поп.ДЗР**» и регулируется в диапазоне от 0,05 до 1,00 с шагом 0,01.

2.4.2 Проверка чувствительности поперечной дифференциальной защиты

Проверка коэффициента чувствительности ПДЗР производится при КЗ расчетного вида в режиме, обуславливающим наименьшее значение этого тока, по выражению:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{КЗ,МИН}^*}}{I_{\text{УСТ}}}, \quad (2.14)$$

где $I_{\text{КЗ,МИН}^*}$ – относительное значение минимального тока при расчетном виде замыканий;

$I_{\text{УСТ}}$ – принятое значение начального тока срабатывания ПДЗР.

Для ПДЗР должно быть обеспечено минимальное значение коэффициента чувствительности равное 2,0.

Для витковых замыканий значение минимального тока составляет около 11 А. То есть при любых витковых замыканиях поперечная защита не действует. Расчет чувствительности производится при однофазных и двухфазных КЗ на землю в режиме, обуславливающим наименьшее значение тока.

2.5 Токовая защита нулевой последовательности

Токовая защита нулевой последовательности (ТЗНП) предназначена для защиты от КЗ на землю и от витковых КЗ в одной фазе. ТЗНП используется в случае, когда нет возможности установить поперечную дифференциальную защиту шунтирующих реакторов. Такие реакторы выпускались на Запорожском трансформаторном заводе и на Московском «Электrozаводе». Защита выполняется ненаправленной.

При выполнении ненаправленной ТЗНП шунтирующего ректора должны быть предусмотрены: первая ступень ТЗНП со стороны линейного ввода и вторая ступень ТЗНП со стороны нейтрального ввода.

Первая ступень ТЗНП использует расчетное значение тока $3I_0$, полученное от фильтра тока НП со стороны ЛВ. Вторая ступень использует расчетное значение тока $3I_0$, полученное от фильтра тока НП со сторон НВ1 и НВ2 (для рисунка 2.1,а). Каждая ступень ТЗНП содержит реле тока и выдержку времени.

Если выполняется поперечная дифференциальная токовая защита, то ТЗНП не предусматривается.

2.5.1 Расчет первичного тока срабатывания первой ступени ТЗНП, включенной со стороны линейных вводов

Первичный ток срабатывания ИО первой ступени защиты выбирается исходя из следующих условий:

– обеспечение согласования с первой ступенью токовой защиты от замыканий на землю линии или автотрансформатора по выражению

$$I_{0,УСТ}^1 \geq K_{ОТС} \cdot K_{ТОК,ШР} \cdot I_{0,СЗ,Л/АТ}^1, \quad (2.15)$$

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

$K_{ТОК,ШР} = I_{0,ШР}/I_{0,Л/АТ}$ – максимальный коэффициент токораспределения, который определяется при однофазном или двухфазном КЗ на землю в конце зоны действия первой ступени защиты от замыканий на землю линии или АТ;

$I_{0,ШР}$ – первичный ток нулевой последовательности, протекающий в месте установки ТЗНП шунтирующего реактора в расчетном режиме;

$I_{0,Л/АТ}$ – первичный ток нулевой последовательности, протекающий в месте установки защиты от замыканий на землю линии или АТ;

$I_{0,СЗ,Л/АТ}^1$ – первичный ток срабатывания первой ступени защиты от замыканий на землю линии или АТ;

– отстройки от утроенного тока нулевой последовательности в неполнофазном режиме работы защищаемого шунтирующего реактора, если такой режим длительно предусмотрен, по выражению

$$I_{0,УСТ}^1 \geq K_{ОТС} \cdot 3I_{0,НП,ШР}, \quad (2.16)$$

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

$3I_{0,НП,ШР}$ – максимальное значение утроенного тока нулевой последовательности в неполнофазном режиме работы защищаемого ШР;

– отстройки от утроенного тока нулевой последовательности неполнофазного режима работы линии в цикле ОАПВ, с которым производится согласование:

$$I_{0,УСТ}^1 \geq K_{ОТС} \cdot 3I_{0,НП,ОАПВ}, \quad (2.17)$$

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

$3I_{0,НП,ОАПВ}$ – максимальное значение утроенного тока нулевой последовательности в месте установки ТЗНП шунтирующего реактора в неполнофазном режиме работы линии, возникшего в цикле ОАПВ на ней.

Данное условие может не рассматриваться, если выдержка времени ТЗНП со стороны линейных вводов отстроена от цикла ОАПВ.

Значение первичного тока срабатывания $I_{0,УСТ}^1$ первой ступени ТЗНП принимается равным наибольшему значению тока срабатывания из полученных по приведенным выше условиям. При этом ток срабатывания должен проверяться по условию отстройки от утроенного тока нулевой последовательности, проходящего в месте установки защиты при одновременном включении фаз выключателя. Данная проверка не

производится, если первая ступень защиты имеет выдержку времени больше 0,3 с.

В шкафу защиты ШР первичного тока срабатывания обозначается «**тсрТЗНП-1ст**» и регулируется в диапазоне от 0,05 до 10,00 А с шагом 0,01. Для перехода ко вторичным величинам необходимо рассчитанное значение разделить на коэффициент трансформации ТТ соответствующей стороны.

2.5.2 Расчет выдержки времени первой ступени ТЗНП, включенной со стороны линейных вводов

Выдержка времени ТЗНП шунтирующего реактора со стороны линейных вводов выбирается исходя из условия отстройки от времени срабатывания первой ступени токовой защиты от замыканий на землю АТ или линии, с которой производится согласование:

$$t'_{сз} = t'_{сз,л/АТ} + \Delta t, \quad (2.18)$$

где $t'_{сз,л/АТ}$ – время срабатывания первой ступени защиты от замыканий на землю АТ или линии, с которой производится согласование;

Δt – выдержка времени, учитывающая время действия выключателя линии или автотрансформатора (время от подачи сигнала на отключение до разрыва тока КЗ), время возврата защиты, результирующую погрешность органа выдержки времени защиты линии или автотрансформатора, с которой производится согласование, результирующую погрешность органа выдержки времени рассматриваемой защиты и время запаса; выдержка времени принимается равной 0,3 с.

В шкафу защиты ШР выдержка времени обозначается «**ТЗНП-1ст**» и регулируется в секундах в диапазоне от 0,05 до 27,00 с шагом 0,01.

2.5.3 Расчет первичного тока срабатывания второй ступени ТЗНП, включенной со стороны выводов к нейтрали ШР

Первичный ток срабатывания второй ступени ТЗНП шунтирующего реактора выбирается исходя из условия согласования со второй (третьей) ступенью токовой защиты от замыканий на землю линии или АТ

$$I_{сз}^{II} \geq K_{отс} \cdot K_{ток,ШР} \cdot I_{0,с.л/АТ}^{II(III)}, \quad (2.19)$$

где $K_{отс}$ – коэффициент отстройки, принимаемый равным 1,1;

$K_{ток,ШР} = I_{0,ШР}/I_{0,л/АТ}$ – максимальный коэффициент токораспределения, который определяется при однофазном или двухфазном КЗ на землю в конце зоны действия второй (третьей) ступени защиты от замыканий на землю АТ или линии, с которой производится согласование, в режиме, обеспечивающем наибольшее значение данного коэффициента;

$I_{0,ШР}$ – первичный ток нулевой последовательности, протекающий в месте установки ТЗНП шунтирующего реактора в расчетном режиме;

$I_{0,л/АТ}$ – первичный ток нулевой последовательности, протекающий в месте установки защиты от замыканий на землю линии или АТ;

$I_{0,С.СЛ/АТ}^{II(III)}$ – первичный ток срабатывания второй (третьей) ступени защиты от замыканий на землю линии или АТ.

Вторая ступень ТЗНП должна быть выведена в неполнофазном режиме работы шунтирующего реактора (если предусмотрена длительная работа шунтирующего реактора в неполнофазном режиме).

В шкафу защиты ШР первичного тока срабатывания второй ступени обозначается «**срТЗНП-2ст**» и регулируется в диапазоне от 0,05 до 10,00 А с шагом 0,01. Для перехода ко вторичным величинам необходимо рассчитанное значение разделить на коэффициент трансформации ТТ соответствующей стороны.

2.5.4 Расчет выдержки времени второй ступени ТЗНП, включенной со стороны выводов к нейтрали

Выдержка времени ТЗНП шунтирующего реактора со стороны нейтральных вводов выбирается исходя из следующих условий:

– отстройки от времени срабатывания второй ступени защиты от замыканий на землю АТ или линии, на которой установлен защищаемый ШР, по выражению:

$$t_{СЗ}^{II} = t_{СЗ,Л/АТ}^{II(III)} + \Delta t, \quad (2.20)$$

где $t_{СЗ,Л/АТ}^{II(III)}$ – время срабатывания второй (третьей) ступени защиты от замыканий на землю АТ или линии, с которой производится согласование;

Δt – степень селективности, учитывающая время действия выключателя линии или автотрансформатора (время от подачи сигнала на отключение до разрыва тока КЗ), время возврата защиты, результирующую погрешность органа выдержки времени защиты линии или автотрансформатора, с которой производится согласование, результирующую погрешность органа выдержки времени рассматриваемой защиты и время запаса; принимается равным 0,3 с;

– отстройки от времени выполнения ОАПВ на линии, с которым производится согласование

$$t_{СЗ}^{II} = t_{ОАПВ} + \Delta t, \quad (2.21)$$

где $t_{ОАПВ}$ – время выполнения ОАПВ линии, с которым производится согласование;

Δt – степень селективности, принимаемая равной 0,3 с, также по рекомендациям [17] при использовании в сети только цифровых реле можно принимать степень селективности (0,15 ÷ 0,2) с.

Значение выдержки времени принимается равным наибольшему из полученных значений.

В шкафу защиты ШР выдержка времени обозначается «**ТЗНП-2ст**» и регулируется в секундах в диапазоне от 0,05 до 27,00 с шагом 0,01.

2.6 Контроль изоляции вводов шунтирующего реактора

Функция контроля изоляции маслonaполненных линейных вводов шунтирующего реактора предназначена для защиты их от повреждения (пробоя) изоляции.

КИВ реагирует на емкостные токи, протекающие под воздействием рабочего напряжения через изоляцию вводов трех фаз, и включает сигнальный и отключающий органы.

При срабатывании сигнального органа с выдержкой времени обеспечивается сигнализация КИВ. Отключающий орган является более грубым. При его срабатывании с выдержкой времени производится отключение выключателя защищаемого ШР.

Для определения поврежденного ввода в КИВ и предотвращения ложного срабатывания при обрыве одной из цепей емкостного тока предусмотрены избиратели. Действие избирателей основано на сравнении абсолютного значения емкостного тока каждого из вводов с модулем геометрической суммы емкостных токов вводов в двух других фазах. Избиратель обеспечивает несрабатывание КИВ при обрыве цепи тока любой из фаз. При этом выдается сигнал «Неисправность КИВ» и обеспечивается светодиодная сигнализация.

По значению емкости основной изоляции вводов C_1 , пФ следует определить ток защищаемых вводов:

$$I_H = \frac{\omega \cdot U_{л} \cdot C_1 \cdot 10^{-9}}{\sqrt{3}}, \quad (2.22)$$

где $U_{л}$ – номинальное линейное напряжение шунтирующего реактора, В.

Значение емкости C_1 не нормируется, поэтому емкости вводов, установленных на разных фазах одного объекта, могут различаться между собой. При отличии емкостей C_1 на 3 % и более для предварительного выбора точек подсоединения первичной обмотки согласующего трансформатора (ТПС-0,66) необходимо подсчитать токи тех вводов, емкости которых отличаются на указанное значение.

Используя отводы согласующего трансформатора получить вторичный ток одинаковый для каждой фазы, и примерно равный 0,5 А.

Отводы первичной обмотки ТПС-0,66 позволяют регулировать коэффициент трансформации ступенями $(3 \pm 1)\%$ в пределах $(\pm 15 \pm 5)\%$ от коэффициента трансформации на основных отводах Н1-6. Выводы вторичной обмотки И1-И2 и И1-И4 позволяют регулировать коэффициент трансформации в пределах $\pm 36\%$ от коэффициента трансформации на основных выводах И1-И3.



Рисунок 2.4 – Отводы и технические данные ТПС-0,66

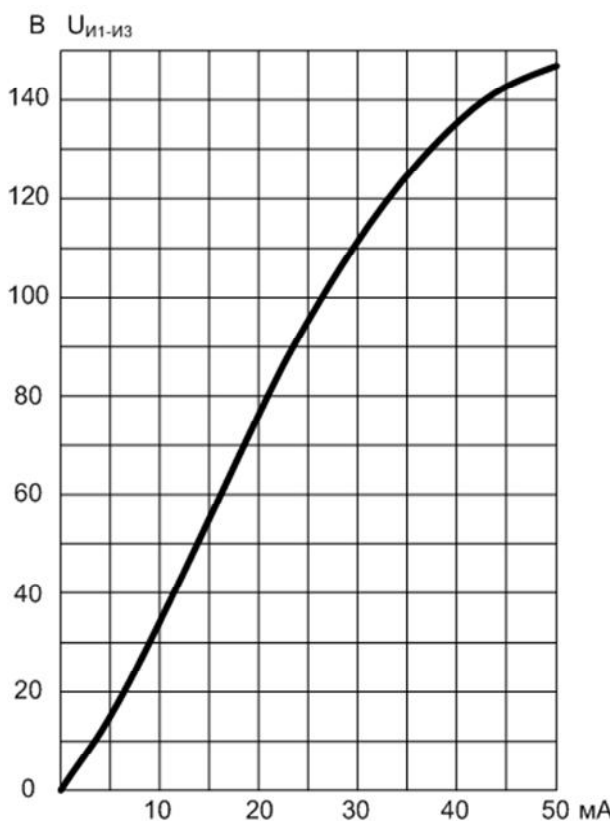


Рисунок 2.5 – Характеристика намагничивания согласующего трансформатора ТПС

2.6.1 Расчет базисного тока КИВ

Расчетный базисный ток КИВ рассчитывают по выражению:

$$I_{\text{БАЗ,КИВ}} = \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{I_{\text{НА}}}{K_{\text{ТПС-А}}} + \frac{I_{\text{НВ}}}{K_{\text{ТПС-В}}} + \frac{I_{\text{НС}}}{K_{\text{ТПС-С}}} \right), \quad (2.23)$$

где $K_{\text{ТПС}} = w_2/w_1$ – коэффициент трансформации ТПС-0,66.

По умолчанию параметр срабатывания «**Базисный ток КИВ**» принимается равным 0,5 А.

2.6.2 Выбор тока срабатывания КИВ на сигнал

Срабатывание сигнальной ступени устройства КИВ, в соответствии с [2], должно происходить при увеличении тока в первичной обмотке согласующего трансформатора, равном от 5 до 7 % от номинального емкостного тока ввода:

$$I_{\text{СР.СИГН}} = (0,05 \div 0,07) \cdot I_{\text{Н}}.$$

При отличающихся между собой значениях токов отдельных вводов ток срабатывания следует принять равным 6% от базисного тока КИВ.

Ток срабатывания отключающей ступени устройства КИВ больше тока срабатывания сигнальной ступени в 3 раза.

Ток срабатывания устройства КИВ на сигнал в шкафу защиты ШР обозначается «**Исигн КИВ**» и регулируется в диапазоне от 5 до 15 % с шагом 1 %. По умолчанию принимается равным 5 % (при этом ток срабатывания устройства КИВ на отключение по умолчанию равен 15 %).

2.6.3 Выбор тока срабатывания КИВ на сигнал при загрузлении

Ток срабатывания КИВ ВН на сигнал при загрузлении при неисправности цепей напряжения $\Delta I_{\text{СР.СИГН.ГР}}$ в шкафу защиты ШР обозначается «**Изагр КИВ**» и регулируется в диапазоне от 5 до 15 % с шагом 1 %. Рекомендованное фирмой «ЭКРА» значение тока срабатывания составляет 10 %. При этом ток срабатывания устройства КИВ на отключение при загрузлении составляет $\Delta I_{\text{СР.ОТКЛ.ЗАГР}} = 30 \%$.

2.6.4 Выбор времени срабатывания КИВ на сигнал

Выдержка времени на сигнал, согласно [2], определяется из условия отстройки от максимальной выдержки времени резервных защит элементов сети высшего напряжения, примыкающий к реактору.

Время срабатывания в шкафу защиты ШР обозначается «**ТсрКИВсигнал**» и регулируется в диапазоне от 0,05 до 27,00 с шагом 0,01 с. Рекомендованное фирмой «ЭКРА» значение выдержки времени составляет 9,00 с.

2.6.5 Выбор времени срабатывания КИВ на отключение

Выдержка времени отключающей ступени определяется из условия отстройки от быстродействующих защит.

Выдержка времени в шкафу защиты ШР обозначается «ТсрКИВоткл» и регулируется в секундах в диапазоне от 0,05 до 27,00 с шагом 0,01. Рекомендуемое фирмой «ЭКРА» значение выдержки времени составляет от 1,20 до 1,30 с.

2.6.6 Выбор времени срабатывания КИВ при загрузлении

Выдержка времени в шкафу защиты ШР обозначается «ТсрКИВзагр» и регулируется в секундах в диапазоне от 0,05 до 27,00 с шагом 0,01. Рекомендуемое фирмой «ЭКРА» значение выдержки времени составляет 12,00 с.

2.6.7 Выбор времени срабатывания неисправности КИВ

Выдержка времени в шкафу защиты ШР обозначается «ТнеиспрКИВ» и регулируется в секундах в диапазоне от 0,05 до 27,00 с шагом 0,01. Рекомендуемое фирмой «ЭКРА» значение выдержки времени составляет 18,00 с.

2.7 Автоматика охлаждения

Выбор параметров срабатывания и выдержек времени функции автоматике охлаждения необходимо производить в соответствии с требованиями завода-изготовителя.

Реле тока автоматике охлаждения в шкафу защиты ШР ШЭ2710 541 включается на ток фазы В стороны ЛВ. Реле максимального тока для автоматике охлаждения содержит две ступени.

2.7.1 Расчет тока срабатывания реле тока автоматике охлаждения

Выбор параметров срабатывания реле тока для автоматике охлаждения необходимо производить в соответствии с требованиями завода-изготовителя ШР.

Токи срабатывания автоматике охлаждения в шкафу защиты ШР обозначаются «ТсрОхл-1» - для первой ступени, и «ТсрОхл-2» - для второй ступени. Токи срабатывания регулируются в диапазоне от 0,10 до 10,00 А с шагом 0,01 А.

2.8 Функция пуска автоматике пожаротушения

Реле тока УРОВ в шкафу защиты ШЭ2710 541 включается на токи стороны ЛВ и содержит трехфазное реле максимального тока для контроля отсутствия тока для АППож.

В шкафу защиты предусмотрена выдача сигнала на разрешение пуска АППож ШР с контролем отсутствия тока в фазах ЛВ ШР.

2.8.1 Выбор тока срабатывания реле тока

Параметр срабатывания реле тока для контроля отсутствия тока для пуска АППож выбирается минимальным.

Ток срабатывания в шкафу защиты ШР обозначается «**Иср УРОВ ЛВ**» и регулируется в диапазоне от 0,04 до 2,00 А с шагом 0,01 А. Рекомендуемое значение 0,04 А.

2.8.2 Выбор напряжения срабатывания минимального реле напряжения ЛВ

Напряжение срабатывания минимального реле напряжения ЛВ «**Мин. УЛВ**» выбирается из условия несрабатывания при минимальном рабочем напряжении с коэффициентом запаса 0,9.

В ориентировочных расчетах может быть принято $U_{\text{СР}} = 65 \text{ В}$.

Напряжение срабатывания в шкафу защиты ШР обозначается «**Мин. УЛВ**» и регулируется в диапазоне от 10,0 до 100,0 В с шагом 0,1 В.

2.8.3 Выбор времени продления импульса для пуска автоматики пожаротушения

Время продления импульса АППож «Т пож.туш.А», «Т пож.туш.В», «Т пож.туш.С» – время, достаточное для подхвата пуска пожаротушения цепями автоматики пожаротушения. Рекомендуемое значение 1 с.

Время продления импульса АППож в шкафу защиты ШР обозначается: для фазы А – «**Т пож.туш.А**»; для фазы В – «**Т пож.туш.В**»; для фазы С – «**Т пож.туш.С**». Времена продления импульса регулируются в секундах в диапазоне от 0,05 до 27,00 с шагом 0,01.

2.8.4 Выбор времени ограничения импульса пуска автоматики пожаротушения

Время ограничения импульса АППож «Т огр.пож.А», «Т огр.пож.В», «Т огр.пож.С» – предназначено для селективного действия автоматики пожаротушения и подготовки для повторного пуска. Необходимо выбирать значения больше, чем «Т пож.туш». Рекомендуемое значение 1,1 с.

Время ограничения импульса АППож в шкафу защиты ШР обозначается: для фазы А – «**Т огр.пож.А**»; для фазы В – «**Т огр.пож.В**»; для фазы С – «**Т огр.пож.С**». Времена ограничения импульса регулируются в секундах в диапазоне от 0,05 до 27,00 шагом 0,01.

2.8.5 Выбор времени срабатывания деблокировки пожаротушения

Время срабатывания деблокировки пожаротушения «Т деблок.А», «Т деблок.В», «Т деблок.С» – предназначено для автоматического деблокирования пожаротушения и подготовки к повторному (например к «ручному») пуску. Рекомендуемое значение 2 с.

Время срабатывания деблокировки в шкафу защиты ШР обозначается: для фазы А – «**Т деблок.А**»; для фазы В – «**Т деблок.В**», для фазы С – «**Т деблок.С**». Времена срабатываний деблокировки регулируются в секундах в диапазоне от 0,05 до 27,00 с шагом 0,01.

2.9 УРОВ

Устройство резервирования при отказе выключателя (УРОВ) обеспечивает действие на отключение резервируемого выключателя: в случае отказа срабатывания выключателя со стороны линейных вводов шунтирующего реактора; выключателя линии, на которой установлен рассматриваемый ШР, если у данного шунтирующего реактора отсутствует выключатель.

Для обеспечения быстрого возврата схемы УРОВ, если выключатель нормально отключился при действии защит, предусмотрен максимальный ИО тока. Выдержка времени УРОВ предназначена для фиксации отказа выключателя, т.е. если в течение данного времени условия пуска УРОВ сохраняются, то происходит действие на отключение всех выключателей, через которые продолжается питание повреждения.

Устройство резервирования отказа выключателя реализовано в шкафу управления, защиты и автоматики выключателя шунтирующего реактора – ШЭ2710 512. Расчет параметров срабатывания и их выставление осуществляется в ШЭ2710 512.

Ток срабатывания реле тока УРОВ в шкафу ШЭ2710 512 обозначается «**Иср РТ УРОВ**» и регулируется в диапазоне от 0,04 до 0,40 А.

Время задержки на срабатывание УРОВ в шкафу ШЭ2710 512 обозначается «**тср. УРОВ**» и регулируется в секундах в диапазоне от 0,10 до 0,60.

2.10 Выбор выдержек времени

2.10.1 Выбор выдержки времени подхвата срабатывания выходных цепей

Выдержка времени подхвата срабатывания выходных цепей определяется в зависимости от времени отключения выключателя – для современных элегазовых выключателей от 0,05 до 0,10 с, для старых масляных выключателей – от 0,20 до 0,30 с.

Выдержка времени в шкафу защиты обозначается «**Т вых.цепей**» и регулируется в секундах в диапазоне от 0,05 до 1,00. Рекомендуемое значение выдержки времени – минимальное, равное 0,05 с.

2.10.2 Выбор времени срабатывания неисправности цепей напряжения

Время срабатывания неисправности цепей напряжения в шкафу защиты обозначается «**Т неис.ЦН**» и регулируется в секундах в диапазоне от 0,05 до 27,00. Рекомендуемое значение равно 10,00 с.

2.11 Пример расчета параметров срабатывания защит ШР

В настоящем примере дан расчет параметров срабатывания шкафа защиты ШЭ2710 541 шунтирующего реактора РОДЦ-60000/500.

Параметры ШР:

Число фаз	1
Частота, Гц	50
Номинальное напряжение, $U_{НОМ}$, кВ	$525/\sqrt{3}$
Номинальная мощность, $S_{НОМ}$, МВА	60
Номинальный ток, $I_{НОМ}$, А	198

Коэффициенты трансформации ТТ: $K_{ТТ ЛВ} = 2000/1$, $K_{ТТ НВ1(2)} = 600/1$.

Исходная схема для примера расчета приведена на рисунке 2.6, полная схема системы и схема замещения сети приведены на рисунках 2.7 и 2.8.

Величины токов в фазе ШР при КЗ в точке К1:

$$I_{ф.А}^{(3)} = I_{ф.В}^{(3)} = I_{ф.С}^{(3)} = 0 \text{ А};$$

$$I_{ф.А}^{(2)} = 198 \text{ А}; I_{ф.В}^{(2)} = 99 \text{ А}; I_{ф.С}^{(2)} = 99 \text{ А} \text{ (КЗ фаз В и С)};$$

$$I_{ф.А}^{(1,1)} = 213 \text{ А}; I_{ф.В}^{(1,1)} = 0 \text{ А}; I_{ф.С}^{(1,1)} = 0 \text{ А}; 3I_0^{(1,1)} = 213 \text{ А} \text{ (КЗ фаз В и С на землю)}.$$

Величины токов в фазе ШР при КЗ в точке К3:

$$I_{ф.А}^{(3)} = I_{ф.В}^{(3)} = I_{ф.С}^{(3)} = 149 \text{ А};$$

$$I_{ф.А}^{(2)} = 198 \text{ А}; I_{ф.В}^{(2)} = 163 \text{ А}; I_{ф.С}^{(2)} = 163 \text{ А} \text{ (КЗ фаз В и С)};$$

$$I_{ф.А}^{(1)} = 166 \text{ А}; I_{ф.В}^{(1)} = 200 \text{ А}; I_{ф.С}^{(1)} = 188 \text{ А}; 3I_0^{(1)} = 0 \text{ А} \text{ (КЗ фазы А на землю)};$$

$$I_{ф.А}^{(1,1)} = 200 \text{ А}; I_{ф.В}^{(1,1)} = 155 \text{ А}; I_{ф.С}^{(1,1)} = 157 \text{ А}; 3I_0^{(1,1)} = 0 \text{ А} \text{ (КЗ фаз В и С на землю)}.$$

При однофазном КЗ на землю на шинах противоположной подстанции по отношению к защищаемому шунтирующему реактору (точка К4 на рисунке 2.7):

1. ток по линии составляет 1291 А в поврежденной фазе и 63 А в неповрежденных фазах, ток нулевой последовательности равен 1356 А;
2. ток в ветви с шунтирующим реактором составляет 165 А по фазе, на которой замкнуло, и 196 А по неповрежденным фазам, ток нулевой последовательности составляет 34 А;
3. ток в ветви за шунтирующим реактором составляет по поврежденной фазе 1456 А и в неповрежденных фазах 133 А, ток нулевой последовательности равен 1323 А.

При однофазном КЗ на землю на шинах подстанции, где установлен защищаемый шунтирующий реактор (точка К1 на рисунке 2.7):

1. ток по линии составляет 841 А в поврежденной фазе и 258 А в неповрежденных фазах, ток нулевой последовательности равен 343 А;

- ток в ветви с шунтирующим реактором составляет 0 А по поврежденной фазе и 204 А по неповрежденным фазам, ток нулевой последовательности составляет 227 А;
- ток в ветви за шунтирующим реактором составляет по поврежденной фазе 8644 А и в неповрежденных фазах 180 А, ток нулевой последовательности равен 8921 А.

Пример рассчитан в именованных единицах. Сопротивления, приведенные к стороне линейного ввода, на рисунке 2.8 указаны в Омах. В числителе представлены значения сопротивлений прямой (обратной) последовательности, в знаменателе – нулевой последовательности, Ом.

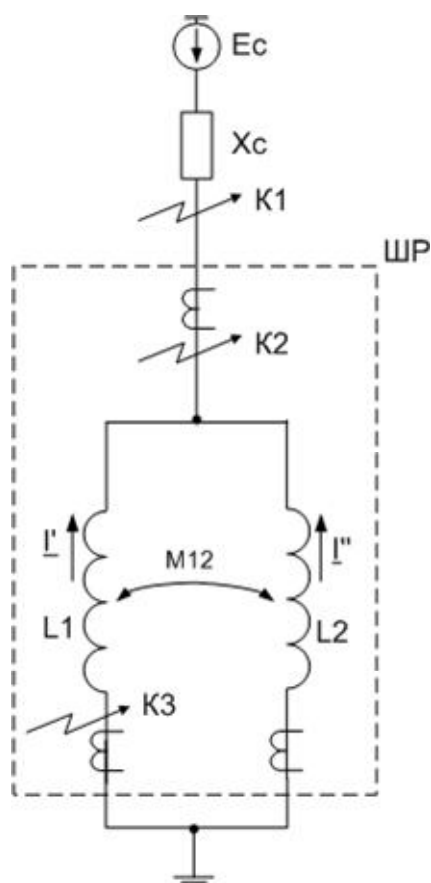


Рисунок 2.6 – Исходная схема для расчета защит ШР

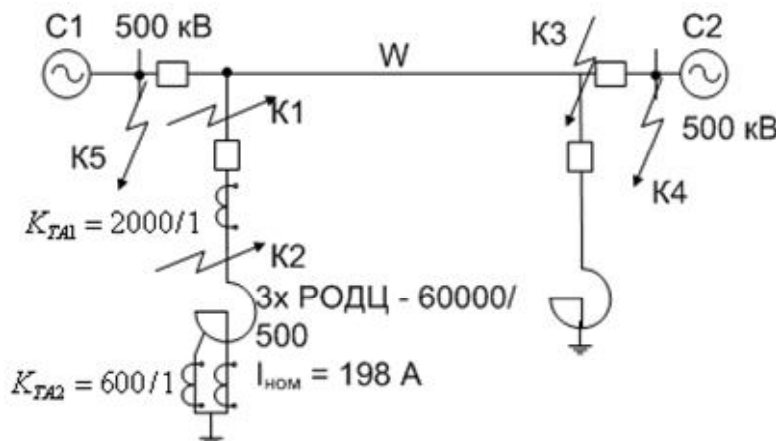


Рисунок 2.7 – Полная схема системы

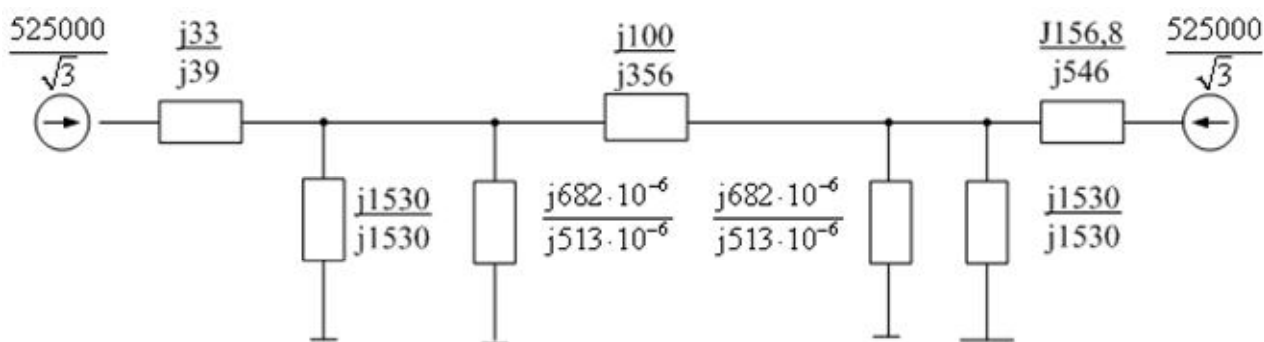


Рисунок 2.8 – Схема замещения сети

2.11.1 Базисные токи сторон ШР

Расчетный номинальный ток ШР равен:

$$I_{\text{НОМ,ШР}} = \frac{S_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{3 \cdot 60000 (\text{кВА})}{\sqrt{3} \cdot 525 (\text{кВ})} = 197,95 \text{ (А)}.$$

Расчетный базисный ток стороны ЛВ будет равен:

$$I_{\text{БАЗ,ЛВ}} = I_{\text{НОМШР}} \cdot \frac{1}{K_{\text{ТТ,ЛВ}}} = 197,95 \cdot \frac{1}{2000/1} = 0,099 \text{ (А)}.$$

Базисный ток стороны ЛВ выходит за пределы диапазона от 0,251 до 16,000 А. Поэтому требуется установка выравнивающего трансформатора АТ-31 с коэффициентом трансформации $K_{\text{ТТ}} = 3,8$. Данный коэффициент трансформации наиболее удобен для данного расчета. Но в других расчетах может быть принято другое значение коэффициента трансформации согласно технической документации на АТ-31 от завода-изготовителя. Тогда базисный ток стороны ЛВ, будет равен:

$$I_{\text{БАЗ,ЛВ}} = I_{\text{НОМШР}} \cdot \frac{1}{K_{\text{ТТ,ЛВ}} \cdot \frac{1}{K_{\text{АТ,ЛВ}}}} = 197,95 \cdot \frac{1}{2000/1 \cdot \frac{1}{3,8}} = 0,376 \text{ (А)}.$$

Расчетный базисный ток стороны НВ1(2), будет равен:

$$I_{\text{БАЗ,НВ1(2)}} = I_{\text{НОМШР}} \cdot \frac{1}{K_{\text{ТТ,НВ1(2)}}} = 197,95 \cdot \frac{1}{600/1} = 0,330 \text{ (А)}.$$

При наладке и вводе защиты в работу реальные токи в параллельных обмотках НВ1 и НВ2 получились равными соответственно $I'_{\text{НВ1}} = 0,150, \text{ А}$ и $I'_{\text{НВ2}} = 0,173, \text{ А}$.

Тогда уточненные базисные токи сторон НВ1 и НВ2 будут равны:

$$I'_{\text{БАЗ,НВ1}} = I_{\text{БАЗ,НВ1(2)}} \cdot \frac{2 \cdot I'_{\text{НВ1}}}{I'_{\text{НВ1}} + I'_{\text{НВ2}}} = 0,330 \cdot \frac{2 \cdot 0,150}{0,150 + 0,173} \approx 0,307 \text{ (А)};$$

$$I'_{\text{БАЗ,НВ2}} = I_{\text{БАЗ,НВ1(2)}} \cdot \frac{2 \cdot I'_{\text{НВ2}}}{I'_{\text{НВ1}} + I'_{\text{НВ2}}} = 0,330 \cdot \frac{2 \cdot 0,173}{0,150 + 0,173} \approx 0,353 \text{ (А)};$$

$$I'_{\text{БАЗ,НВ1}} + I'_{\text{БАЗ,НВ2}} = 2 \cdot I_{\text{БАЗ,НВ1(2)}};$$

$$0,307 + 0,353 = 2 \cdot 0,33 = 0,66.$$

Вывод: выравнивающий ПТТ устанавливается со стороны ЛВ (АТ-31 с коэффициентом трансформации $K_{\text{ТТ}} = 3,8$).

2.11.2 Газовая защита шунтирующего реактора

Газовая защита шунтирующего реактора используется в качестве чувствительной защиты при повреждениях, сопровождающихся выделением газа, а также при резком понижении уровня масла.

2.11.2.1 Выбор времени срабатывания неисправности цепей

Параметр срабатывания «Т неис.ГЗ» – определяет время срабатывания неисправности цепей оперативного тока ГЗ (подается напряжение оперативного постоянного тока от питания отключающих ступеней ГЗ) и при исчезновении напряжения через выдержку времени выдается светодиодная сигнализация «Неисправность опер. тока ГЗ».

Время срабатывания неисправности цепей принимается принимаем равной «Т неис.ГЗ» = 10,00 с.

2.11.3 Продольная дифференциальная токовая защита

Продольная дифференциальная токовая защита шунтирующего ректора (ДТЗ ШР) используется в качестве основной защиты от внутренних повреждений.

Продольная ДТЗ ШР выполняется пофазной и со стороны линейного ввода через промежуточные трансформаторы тока подключается к ТТ, встроенным в высоковольтный ввод, а со стороны нейтрали – либо к ТТ, встроенным в параллельные ветви обмотки шунтирующего реактора со стороны вводов к нейтрали ШР, либо к выносным ТТ со стороны вводов к нейтрали шунтирующего реактора при отсутствии встроенных ТТ.

Дифференциальный ток для продольной ДТЗ ШР, в терминалах БЭ2704 защит ШР, определяется по выражению:

$$I_{\text{диф.прод}} = | \dot{I}^*_{\text{ЛВ}} + \dot{I}^*_{\text{НВ1}} + \dot{I}^*_{\text{НВ2}} |.$$

Тормозной ток для продольной ДТЗ ШР, в терминалах БЭ2704 защит ШР, определяется по выражению:

$$I_{\text{ТОРМ}} = |\dot{I}_{\text{НВ1}}^*| + |\dot{I}_{\text{НВ2}}^*|,$$

где $\dot{I}_{\text{ЛВ}}^* = \dot{I}_{\text{ЛВ}} / I_{\text{БАЗ,ЛВ}}$ – выровненный ток стороны ЛВ;
 $\dot{I}_{\text{НВ1}}^* = \dot{I}_{\text{НВ1}} / I_{\text{БАЗ,НВ1}}$ – выровненный ток стороны НВ1;
 $\dot{I}_{\text{НВ2}}^* = \dot{I}_{\text{НВ2}} / I_{\text{БАЗ,НВ2}}$ – выровненный ток стороны НВ2.

2.11.3.1 Выбор тока начала торможения

Ток начала торможения принимаем равным « $I_{\text{т0 ДЗР}}$ » = 0,60.

2.11.3.2 Расчет начального тока срабатывания

Относительный начальный ток срабатывания продольной ДТЗ ШР (чувствительного органа) $I_{\text{Д0}^*}$ в режиме включения определяется с помощью выражения:

$$I_{\text{Д0}^*} = K_{\text{ОТС}} \cdot (K_{\text{ОДН}} \cdot K_{\text{ПЕР}} \cdot \varepsilon + \Delta f_{\text{ВЫР}} + \Delta f_{\text{ПТТ}}) = \\ = 1,2 \cdot (1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,1 + 0,02 + 0,05) \cdot 1,0 = 0,204,$$

где $K_{\text{ОТС}} = 1,2$ – коэффициент отстройки;
 $K_{\text{ОДН}} = 1,0$ – коэффициент однотипности ТТ ШР;
 $K_{\text{ПЕР}} = 1,0$ – коэффициент, учитывающий переходный режим;
 $\varepsilon = 0,1$ – относительное значение полной погрешности ТТ;
 $\Delta f_{\text{ВЫР}} = 0,02$ – относительная погрешность выравнивания токов, подаваемых на терминал;
 $\Delta f_{\text{ПТТ}} = 0,05$ – относительная погрешность выравнивания внешнего трансформатора, так как он используется на стороне ЛВ;
 $I_{\text{т0,РАСЧ}} = 1,0$ – расчетное значение тока начала торможения, принимается рекомендованное фирмой «ЭКРА» значение.

В шкафу защиты ШР начальный ток срабатывания $I_{\text{Д0}^*}$ обозначается « $I_{\text{ср ПрДЗР}}$ » и регулируется в диапазоне от 0,05 до 1,00 с шагом 0,01. Принимаем равной « $I_{\text{ср ПрДЗР}}$ » = 0,21.

2.11.3.3 Проверка чувствительности продольной дифференциальной защиты

Проверка коэффициента чувствительности производится при металлическом КЗ на выводах ШР в режиме, обуславливающим наименьшее значение этого тока, по выражению:

$$K_{\text{Ч,МИН}} = \frac{I_{\text{КЗ,МИН}}}{I_{\text{УСТ}}} = \frac{I_{\text{КЗ,МИН}}}{I_{\text{УСТ}}} \cdot \frac{K_{\text{АТ,ЛВ}}}{K_{\text{ТТ,ЛВ}}} = \frac{99 \cdot 3,8}{0,22 \cdot 0,376 \cdot 2000 / 1} = \frac{0,501}{0,22} = 2,27,$$

где $I_{\text{КЗ,МИН}} = 99$ А – минимальный ток на выводах ШР при междуфазном КЗ в режиме, обуславливающим наименьшее значение тока;
 $I_{\text{БАЗ,ЛВ}} = 0,376$ А – базисный ток со стороны ЛВ;

$K_{АТ,ЛВ} = 3,8$ – коэффициент трансформации промежуточного АТ-31;
 $K_{ТТ,ЛВ} = 2000/1$ – коэффициент трансформации ТТ на стороне ЛВ;
 $I_{УСТ} = 0,22$ – принятое значение начального тока срабатывания продольной ДТЗ ШР.

Для продольной ДТЗ ШР минимальное значение коэффициента чувствительности обеспечивается: $K_{ч,МИН} = 2,27 > 2,0$.

2.11.3.4 Расчет коэффициента торможения

Коэффициент торможения определяется по выражению:

$$K_T \geq \frac{K_{ЗАП} \cdot I_{НБ,РАСЧ*} - I_{Д,0*}}{I_{ВКЛ*} - I_{Т,0*}} = \frac{1,2 \cdot 0,72 - 0,22}{3,0 - 1,0} = 0,318,$$

где $K_{ЗАП} = 1,2$ – коэффициент запаса;

$I_{ВКЛ*} = 3,0$ – ток включения ШР, приведенный к базисному току стороны ЛВ;

$I_{Д,0*} = 0,22$ – начальный ток срабатывания;

$I_{Т,0*} = 1,0$ – ток начала торможения;

$I_{НБ,РАСЧ*}$ – относительное значение тока небаланса, вычисляемое по выражению:

$$I_{НБ,РАСЧ*} = (K_{ОДН} \cdot K_{ПЕР} \cdot \varepsilon + \Delta f_{ВЫР} + \Delta f_{ПТТ}) \cdot I_{ВКЛ*} = \\ = (1,7 \cdot 1,0 \cdot 0,1 + 0,02 + 0,05) \cdot 3,0 = 0,24 \cdot 3,0 = 0,72$$

где $K_{ОДН} = 1,0$ – коэффициент однотипности для ТТ ШР;

$K_{ПЕР} = 1,7$ – коэффициент переходного режима;

$\varepsilon = 0,1$ – относительное значение полной погрешности ТТ;

$\Delta f_{ВЫР} = 0,02$ – относительная погрешность выравнивания токов, подаваемых на терминал;

$\Delta f_{ПТТ} = 0,05$ – относительная погрешность выравнивания внешнего трансформатора.

Значение коэффициента торможения принимаем рекомендуемое значение, равное 0,3. В шкафу защиты ШР обозначается «Кт ДЗР» и регулируется в диапазоне от 0,1 до 0,5 с шагом 0,1.

Принимаем «Кт ДЗР» = 0,3.

2.11.3.5 Выбор параметра срабатывания блокировки по второй гармонике

Параметр срабатывания блокировки по второй гармонике для защит реакторов выбираем равным «Кбл по 2гар» = 0,15.

2.11.3.6 Расчет тока срабатывания дифференциальной отсечки

Ток срабатывания дифференциальной отсечки определяется по условию отстройки от максимального тока небаланса при включении ШР

$$I_{ОТС} = K_{ОТС} \cdot I_{ВКЛ*} \cdot (K_{ОДН} \cdot K_{ПЕР} \cdot \varepsilon + \Delta f_{ВЫР} + \Delta f_{ПТТ}) = \\ = 1,5 \cdot 3,0 \cdot (2,0 \cdot 1,0 \cdot 0,1 + 0,02 + 0,05) = 1,215,$$

где $K_{ОТС} = 1,5$ – коэффициент отстройки;

$I_{\text{ВКЛ}^*} = 3,0$ – ток включения ШР, приведенный к базисному току стороны ЛВ;

$K_{\text{ПЕР}} = 2,0$ – коэффициент переходного режима;

$K_{\text{ОДН}} = 1,0$ – коэффициент однотипности для ТТ;

$\varepsilon = 0,1$ – относительное значение полной погрешности ТТ в режиме, соответствующем установившемуся КЗ;

$\Delta f_{\text{ВЫР}} = 0,02$ – относительная погрешность выравнивания токов, подаваемых на терминал;

$\Delta f_{\text{ПТТ}} = 0,05$ – относительная погрешность выравнивания внешнего трансформатора, так как на стороне ЛВ установлен ПТТ типа АТ-31.

В шкафу защиты ШР ток срабатывания дифференциальной отсечки обозначается «**Диф.отсеч**» и регулируется в диапазоне от 0,5 до 10,0 с шагом 0,1. Принимаем «**Диф.отсеч**» = 1,3.

2.11.4 Поперечная дифференциальная токовая защита

Поперечная дифференциальная токовая защита используется в качестве защиты от повреждений шунтирующего реактора со стороны нейтрали, выполняется пофазной и подключается к ТТ, встроенным в параллельные обмотки ШР со стороны нейтрали.

2.11.4.1 Расчет начального тока срабатывания

Начальный ток срабатывания ПДЗР (чувствительного органа) при отсутствии торможения определяется:

$$I_{\text{Д.О}^*} = K_{\text{ОТС}} \cdot (K_{\text{ОДН}} \cdot K_{\text{ПЕР}} \cdot \varepsilon + \Delta f_{\text{ВЫР}} + \Delta f_{\text{ПТТ}}) \cdot I_{\text{Т.О,РАСЧ}} = \\ = 0,5 \cdot 1,2 \cdot (1,7 \cdot 1,0 \cdot 0,1 + 0,02 + 0) \cdot 1,0 = 0,114,$$

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

$K_{\text{ОДН}} = 1,0$ – коэффициент однотипности для ТТ;

$K_{\text{ПЕР}} = 1,7$ – коэффициент, учитывающий переходный процесс;

$\varepsilon = 0,1$ – относительное значение полной погрешности ТТ;

$\Delta f_{\text{ВЫР}} = 0,02$ – относительная погрешность выравнивания токов, подаваемых на терминал;

$\Delta f_{\text{ПТТ}} = 0,0$ – относительная погрешность выравнивания внешнего трансформатора, так как на сторонах НВ1 и НВ2 ПТТ не устанавливаются;

$I_{\text{Т.О,РАСЧ}} = 1,0$ – расчетное значение тока начала торможения, принимается рекомендованное фирмой «ЭКРА» значение.

В шкафу защиты ШР начальный ток срабатывания ПДЗР обозначается «**I_{ср поп.ДЗР}**» и регулируется в диапазоне от 0,05 до 1,00 с шагом 0,01. Ток срабатывания принимаем равным «**I_{ср поп.ДЗР}**» = 0,12.

2.11.4.2 Проверка чувствительности защиты

Проверка коэффициента чувствительности ПДЗР производится при КЗ расчетного вида в режиме, обуславливающим наименьшее значение этого тока, по выражению:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{КЗ,МИН}}}{I_{\text{УСТ}}} = \frac{I_{\text{КЗ,МИН}} \cdot 1}{I_{\text{БАЗ,НВ}} \cdot K_{\text{ТТ,НВ}}} = \frac{11 \cdot 1}{0,33 \cdot 600/1} = 0,46,$$

где $I_{\text{КЗ,МИН}} = 11 \text{ А}$ – значение минимального тока при витковом замыкании;
 $I_{\text{БАЗ,НВ}} = 0,330 \text{ А}$ – базисный ток со стороны НВ1;
 $K_{\text{ТТ,НВ}} = 600/1$ – коэффициент трансформации ТТ на стороне НВ1;
 $I_{\text{УСТ}} = 0,12$ – принятое значение начального тока срабатывания защиты.

Проверка коэффициента чувствительности ПДЗР при витковом замыкании показала, что защита нечувствительна к витковым замыканиям. Далее производится проверка при КЗ одно- или двухфазного КЗ в режиме, обуславливающим наименьшее значение этого тока, по выражению:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{КЗ,МИН}}}{I_{\text{УСТ}}} = \frac{I_{\text{КЗ,МИН}} \cdot 1}{I_{\text{БАЗ,НВ}} \cdot K_{\text{ТТ,НВ}}} = \frac{155 \cdot 1}{0,33 \cdot 600/1} = 6,52 > 2,0,$$

где $I_{\text{КЗ,МИН}} = 155 \text{ А}$ – значение минимального тока при двухфазном КЗ на землю фаз А и С;
 $I_{\text{БАЗ,НВ}} = 0,330 \text{ А}$ – базисный ток со стороны НВ1;
 $K_{\text{ТТ,НВ}} = 600/1$ – коэффициент трансформации ТТ на стороне НВ1;
 $I_{\text{УСТ}} = 0,12$ – принятое значение начального тока срабатывания защиты.

Для ПДЗР обеспечивается минимальное значение коэффициента чувствительности равно 2,0.

2.11.5 Токовая защита нулевой последовательности

Токовая защита нулевой последовательности предназначена для защиты от КЗ на землю и от витковых КЗ в одной фазе. ТЗНП используется в случае, когда нет возможности установить поперечную дифференциальную защиту (для шунтирующих реакторов выпускавшихся на Запорожском трансформаторном заводе и выпускавшихся до 1982 года на Московском «Электрозаводе»). Защита выполняется ненаправленной.

При выполнении ненаправленной ТЗНП шунтирующего ректора должны быть предусмотрены: первая ступень ТЗНП со стороны линейного ввода и вторая ступень ТЗНП со стороны нейтрального ввода.

Первая ступень ТЗНП использует расчетное значение тока $3I_0$, полученное суммированием фазных токов стороны ЛВ. Вторая ступень использует расчетное значение тока $3I_0$, полученное суммированием фазных токов стороны НВ1 и НВ2 (для ДТЗ ШР с НВ1 и НВ2). Каждая ступень ТЗНП содержит реле тока и выдержку времени.

2.11.5.1 Расчет первичного тока срабатывания первой ступени ТЗНП, включенной со стороны линейных вводов

Первичный ток срабатывания ИО первой ступени защиты выбирается исходя из условия обеспечения:

– согласования с первой ступенью токовой защиты от замыканий на землю линии или автотрансформатора по выражению:

$$I_{0,УСТ}^1 \geq K_{ОТС} \cdot K_{ТОК,ШР} \cdot I_{0,СЗ,Л/АТ}^1 = 1,2 \cdot 0,025 \cdot 1800 = 54 \text{ (А)},$$

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

$K_{ТОК,ШР} = I_{0,ШР} / I_{0,Л/АТ} = 34 / 1356 = 0,025$ – максимальный коэффициент токораспределения, который определяется при однофазном КЗ на землю в конце зоны действия первой ступени защиты от замыканий на землю линии;

$I_{0,ШР} = 34 \text{ А}$ – первичный ток нулевой последовательности, протекающий в месте установки ТЗНП шунтирующего реактора в расчетном режиме;

$I_{0,Л/АТ} = 1356 \text{ А}$ – первичный ток нулевой последовательности, протекающий в месте установки защиты от замыканий на землю линии;

$I_{0,СЗ,Л/АТ}^1 = 1,3 \cdot 1356 = 1763 \text{ А}$, то есть 1800 А – первичный ток срабатывания первой ступени защиты от замыканий на землю линии;

– отстройки от утроенного тока нулевой последовательности в неполнофазном режиме работы защищаемого шунтирующего реактора, если такой режим длительно предусмотрен, по выражению

$$I_{0,УСТ}^1 \geq K_{ОТС} \cdot 3I_{0,НП,ШР} = 1,2 \cdot 207,8 = 249,36 \text{ (А)},$$

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

$3I_{0,НП,ШР} = 207,8 \text{ А}$ – максимальное значение утроенного тока нулевой последовательности в неполнофазном режиме работы защищаемого шунтирующего реактора.

Условия отстройки от тока нулевой последовательности в неполнофазном режиме требуют расчета неполнофазного режима на линии и здесь не приводятся.

Для перехода ко вторичным величинам необходимо рассчитанное значение тока срабатывания разделить на коэффициент трансформации ТТ соответствующей стороны ($K_{ТТ,ЛВ} = 2000/1$). Принимаем значение тока равное наибольшему из рассчитанных значений – « $I_{срТЗНП-1ст}$ »

$= \frac{249,5}{2000/1} = 0,125 \text{ (А)}$. Так как ток срабатывания регулируется в диапазоне от

$0,05$ до $10,00 \text{ А}$ с шагом $0,01 \text{ А}$, то принимаем « $I_{срТЗНП-1ст}$ » = $0,13 \text{ А}$.

2.11.5.2 Расчет выдержки времени ТЗНП первой ступени ТЗНП, включенной со стороны линейных вводов

Выдержка времени ТЗНП шунтирующего реактора со стороны линейных вводов выбирается исходя из условия отстройки от времени

срабатывания первой ступени токовой защиты от замыканий на землю линии или АТ, с которой производится согласование

$$t_{CЗ}^I = t_{CЗ,Л/АТ}^I + \Delta t = 1,5 + 0,3 = 1,8 \text{ с},$$

где $t_{CЗ,Л/АТ}^I = 1,5 \text{ с}$ – время срабатывания первой ступени защиты от замыканий на землю линии или АТ, с которой производится согласование;

$\Delta t = 0,3 \text{ с}$ – выдержка времени, учитывающая время действия выключателя линии или автотрансформатора (время от подачи сигнала на отключение до разрыва тока КЗ), время возврата защиты, результирующую погрешность органа выдержки времени защиты линии или автотрансформатора, с которой производится согласование, результирующую погрешность органа выдержки времени рассматриваемой защиты и время запаса.

Принимаем выдержку времени равной «ТЗНП-1ст» = 1,8 с.

2.11.5.3 Расчет первичного тока срабатывания второй ступени ТЗНП, включенной со стороны выводов к нейтрали ШР

Первичный ток срабатывания второй ступени ТЗНП шунтирующего реактора выбирается исходя из условия согласования со второй (третьей) ступенью токовой защиты от замыканий на землю АТ или линии

$$I_{CЗ}^{II} \geq K_{отс} \cdot K_{ток,ШР} \cdot I_{0,CЗ,Л/АТ}^{II(III)} = 1,1 \cdot 0,025 \cdot 2100 = 2252,25 \text{ (А)},$$

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

$K_{ток,ШР} = I_{0,ШР}/I_{0,Л/АТ} = 1323/1356 = 0,975$ – максимальный коэффициент токораспределения, который определяется при однофазном КЗ на землю в конце зоны действия второй (третьей) ступени защиты от замыканий на землю линии, с которой производится согласование, в режиме, обеспечивающем наибольшее значение данного коэффициента;

$I_{0,ШР} = 1323 \text{ А}$ – первичный ток нулевой последовательности, протекающий в месте установки второй ступени ТЗНП шунтирующего реактора в расчетном режиме;

$I_{0,Л/АТ} = 1356 \text{ А}$ – первичный ток нулевой последовательности, протекающий в месте установки защиты от замыканий на землю линии;

$I_{0,CЗ,Л/АТ}^{II} = 2100 \text{ А}$ – первичный ток срабатывания второй ступени защиты от замыканий на землю линии.

Вторая ступень ТЗНП должна быть выведена в неполнофазном режиме работы шунтирующего реактора (если предусмотрена длительная работа шунтирующего реактора в неполнофазном режиме).

Для перехода ко вторичным величинам необходимо рассчитанное значение параметра срабатывания разделить на коэффициент трансформации ТТ соответствующей стороны ($K_{ТТ,НВ1(2)} = 600/1$). Принимаем «IспТЗНП-2ст»

$$= \frac{2252,25}{600/1} = 3,75 \text{ (А)}. \text{ Так как шаг изменения параметра срабатывания равен}$$

0,01, то принимаем «IспТЗНП-2ст» = 3,75 А.

2.11.5.4 Расчет выдержки времени второй ступени ТЗНП, включенной со стороны выводов к нейтрали

Выдержка времени ТЗНП шунтирующего реактора со стороны нейтральных вводов выбирается исходя из следующих условий:

– отстройки от времени срабатывания второй (третьей) ступени защиты от замыканий на землю АТ или линии, на которой установлен защищаемый шунтирующий реактор, по выражению

$$t_{СЗ}^{II} = t_{СЗ,Л/АТ}^{III} + \Delta t = 2,0 + 0,3 = 2,3 \text{ с},$$

где $t_{СЗ,Л/АТ}^{III} = 2,0 \text{ с}$ – время срабатывания второй (третьей) ступени защиты от замыканий на землю линии, с которой производится согласование;

$\Delta t = 0,3 \text{ с}$ – выдержка времени, учитывающая время действия выключателя линии или автотрансформатора (время от подачи сигнала на отключение до разрыва тока КЗ), время возврата защиты, результирующую погрешность органа выдержки времени защиты линии или автотрансформатора, с которой производится согласование, результирующую погрешность органа выдержки времени рассматриваемой защиты и время запаса;

– отстройки от времени выполнения ОАПВ на линии, с которым производится согласование

$$t_{СЗ}^{II} = t_{ОАПВ} + \Delta t = 1,0 + 0,3 = 1,3,$$

где $t_{ОАПВ} = 1,0 \text{ с}$ – время выполнения ОАПВ линии, с которым производится согласование;

$\Delta t = 0,3 \text{ с}$ – степень селективности.

Значение выдержки времени принимается равным наибольшему из полученных значений.

Принимаем выдержку времени равной «ТЗНП-1ст» = 2,3 с.

2.11.6 Контроль изоляции вводов шунтирующего реактора

Функция контроля изоляции маслонаполненных линейных вводов шунтирующего реактора предназначена для защиты их от повреждения (пробоя) изоляции.

КИВ реагирует на емкостные токи, протекающие под воздействием рабочего напряжения через изоляцию вводов трех фаз, и включает сигнальный и отключающий органы.

При срабатывании сигнального органа с выдержкой времени обеспечивается сигнализация КИВ. Отключающий орган является более грубым. При его срабатывании с выдержкой времени производится отключение выключателей защищаемого ШР.

Примем, что емкостные токи вводов фаз А, В и С соответственно равны 0,058 А, 0,047 А и 0,053 А.

Для выравнивания токов по фазам, необходимо определить отводы согласующего трансформатора ТПС.

Рассчитаем необходимый коэффициент трансформации ТПС по выражению:

$$K_{\text{ТПС}} = \frac{I_{\text{Н}}}{I_{\text{БАЗ,КИВ}}},$$

$$K_{\text{ТПС-А}} = \frac{I_{\text{НА}}}{I_{\text{БАЗ,КИВ}}} = \frac{0,058}{0,5} = 0,116,$$

$$K_{\text{ТПС-В}} = \frac{I_{\text{НВ}}}{I_{\text{БАЗ,КИВ}}} = \frac{0,047}{0,5} = 0,094,$$

$$K_{\text{ТПС-С}} = \frac{I_{\text{НС}}}{I_{\text{БАЗ,КИВ}}} = \frac{0,053}{0,5} = 0,106.$$

Определяем отводы ТПС фазы А, В, С.

$$\Delta w_{2 \text{ ТПС_А\%}} = \left(\frac{K_{\text{ТПС_А}} \cdot w_{\text{Н1-6}}}{w_{\text{И1-И3}}} - 1 \right) \cdot 100\% = \left(\frac{0,116 \cdot 2800}{350} - 1 \right) \cdot 100\% \approx -7,2\%,$$

$$\Delta w_{1 \text{ ТПС_А\%}} = \left(\frac{w_{\text{И1-И3}}}{K_{\text{ТПС_А}} \cdot w_{\text{Н1-6}}} - 1 \right) \cdot 100\% = \left(\frac{350}{0,116 \cdot 2800} - 1 \right) \cdot 100\% \approx 8\%,$$

$$\Delta w_{2 \text{ ТПС_А\%}} = \left(\frac{K_{\text{ТПС_А}} \cdot w_{\text{Н1-6}}}{w_{\text{И1-И2}}} - 1 \right) \cdot 100\% = \left(\frac{0,116 \cdot 2800}{250} - 1 \right) \cdot 100\% \approx 30\%,$$

$$\Delta w_{1 \text{ ТПС_А\%}} = \left(\frac{w_{\text{И1-И2}}}{K_{\text{ТПС_А}} \cdot w_{\text{Н1-6}}} - 1 \right) \cdot 100\% = \left(\frac{250}{0,116 \cdot 2800} - 1 \right) \cdot 100\% \approx -23\%,$$

$$\Delta w_{2 \text{ ТПС_А\%}} = \left(\frac{K_{\text{ТПС_А}} \cdot w_{\text{Н1-6}}}{w_{\text{И1-И4}}} - 1 \right) \cdot 100\% = \left(\frac{0,116 \cdot 2800}{550} - 1 \right) \cdot 100\% \approx -41\%,$$

$$\Delta w_{1 \text{ ТПС_А\%}} = \left(\frac{w_{\text{И1-И4}}}{K_{\text{ТПС_А}} \cdot w_{\text{Н1-6}}} - 1 \right) \cdot 100\% = \left(\frac{550}{0,116 \cdot 2800} - 1 \right) \cdot 100\% \approx 69,3\%.$$

Выбираем отводы вторичной обмотки ТПС И1-И3, так как $\Delta w_{1 \text{ ТПС_А\%}}$, $\Delta w_{2 \text{ ТПС_А\%}}$ в этом случае были минимальны, и далее необходимо определить и выбрать отводы первичной обмотки так, чтобы значения $\Delta w_{1 \text{ ТПС_А\%}}$, $\Delta w_{2 \text{ ТПС_А\%}}$ также были минимальны. Это достигается при $w_{\text{Н1-9}}=3052$. Таким образом, принимаем для фазы А отводы вторичной обмотки ТПС И1-И3 (350 витков), отводы первичной обмотки Н1-9 (2800+3х(3±1)%).

$$\Delta w_{2 \text{ ТПС_В\%}} = \left(\frac{K_{\text{ТПС_В}} \cdot w_{\text{Н1-6}}}{w_{\text{И1-И3}}} - 1 \right) \cdot 100\% = \left(\frac{0,094 \cdot 2800}{350} - 1 \right) \cdot 100\% \approx -24,8\%,$$

$$\Delta w_{1 \text{ ТПС_В\%}} = \left(\frac{w_{\text{И1-И3}}}{K_{\text{ТПС_В}} \cdot w_{\text{Н1-6}}} - 1 \right) \cdot 100\% = \left(\frac{350}{0,094 \cdot 2800} - 1 \right) \cdot 100\% \approx 33\%,$$

$$\Delta w_{2 \text{ ТПС_В\%}} = \left(\frac{K_{\text{ТПС_В}} \cdot w_{\text{Н1-6}}}{w_{\text{И1-И2}}} - 1 \right) \cdot 100\% = \left(\frac{0,094 \cdot 2800}{250} - 1 \right) \cdot 100\% \approx 5,3\%,$$

$$\Delta w_{1 \text{ ТПС_В}\%} = \left(\frac{w_{\text{И1-И2}}}{K_{\text{ТПС_В}} \cdot w_{\text{Н1-6}}} - 1 \right) \cdot 100\% = \left(\frac{250}{0,094 \cdot 2800} - 1 \right) \cdot 100\% \approx -5\%,$$

$$\Delta w_{2 \text{ ТПС_В}\%} = \left(\frac{K_{\text{ТПС_В}} \cdot w_{\text{Н1-6}}}{w_{\text{И1-И4}}} - 1 \right) \cdot 100\% = \left(\frac{0,094 \cdot 2800}{550} - 1 \right) \cdot 100\% \approx -52\%,$$

$$\Delta w_{1 \text{ ТПС_В}\%} = \left(\frac{w_{\text{И1-И4}}}{K_{\text{ТПС_В}} \cdot w_{\text{Н1-6}}} - 1 \right) \cdot 100\% = \left(\frac{550}{0,094 \cdot 2800} - 1 \right) \cdot 100\% \approx -109\%.$$

Выбираем отводы вторичной обмотки ТПС И1-И2, так как $\Delta w_{1 \text{ ТПС_В}\%}$, $\Delta w_{2 \text{ ТПС_В}\%}$ в этом случае были минимальны, и далее необходимо определить и выбрать отводы первичной обмотки так, чтобы значения $\Delta w_{1 \text{ ТПС_В}\%}$, $\Delta w_{2 \text{ ТПС_В}\%}$ также были минимальны. Это достигается при $w_{\text{Н1-4}}=2688$. Таким образом, принимаем для фазы В отводы вторичной обмотки ТПС И1-И2 (250 витков), отводы первичной обмотки Н1-4 (2800-2х(3±1)%).

$$\Delta w_{2 \text{ ТПС_С}\%} = \left(\frac{K_{\text{ТПС_С}} \cdot w_{\text{Н1-6}}}{w_{\text{И1-И3}}} - 1 \right) \cdot 100\% = \left(\frac{0,106 \cdot 2800}{350} - 1 \right) \cdot 100\% \approx -15,2\%,$$

$$\Delta w_{1 \text{ ТПС_С}\%} = \left(\frac{w_{\text{И1-И3}}}{K_{\text{ТПС_С}} \cdot w_{\text{Н1-6}}} - 1 \right) \cdot 100\% = \left(\frac{350}{0,106 \cdot 2800} - 1 \right) \cdot 100\% \approx 17,9\%,$$

$$\Delta w_{2 \text{ ТПС_С}\%} = \left(\frac{K_{\text{ТПС_С}} \cdot w_{\text{Н1-6}}}{w_{\text{И1-И2}}} - 1 \right) \cdot 100\% = \left(\frac{0,106 \cdot 2800}{250} - 1 \right) \cdot 100\% \approx 18,7\%,$$

$$\Delta w_{1 \text{ ТПС_С}\%} = \left(\frac{w_{\text{И1-И2}}}{K_{\text{ТПС_С}} \cdot w_{\text{Н1-6}}} - 1 \right) \cdot 100\% = \left(\frac{250}{0,106 \cdot 2800} - 1 \right) \cdot 100\% \approx -15,8\%,$$

$$\Delta w_{2 \text{ ТПС_С}\%} = \left(\frac{K_{\text{ТПС_С}} \cdot w_{\text{Н1-6}}}{w_{\text{И1-И4}}} - 1 \right) \cdot 100\% = \left(\frac{0,106 \cdot 2800}{550} - 1 \right) \cdot 100\% \approx -46\%,$$

$$\Delta w_{1 \text{ ТПС_С}\%} = \left(\frac{w_{\text{И1-И4}}}{K_{\text{ТПС_С}} \cdot w_{\text{Н1-6}}} - 1 \right) \cdot 100\% = \left(\frac{550}{0,106 \cdot 2800} - 1 \right) \cdot 100\% \approx 85\%.$$

Выбираем отводы вторичной обмотки ТПС И1-И2, и далее необходимо определить и выбрать отводы первичной обмотки так, чтобы значения $\Delta w_{1 \text{ ТПС_С}\%}$ и $\Delta w_{2 \text{ ТПС_С}\%}$ были минимальны. Это достигается при $w_{\text{Н1-1}}=2380$. Таким образом, принимаем для фазы С отводы вторичной обмотки ТПС И1-И2 (250 витков), отводы первичной обмотки Н1-1 (2800-5х(3±1)%).

2.11.6.1 Расчет базисного тока КИВ

В качестве расчетного базисного тока КИВ принимаем ток, равный:

$$\begin{aligned} I_{\text{БАЗ,КИВ}} &= \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{I_{\text{НА}}}{K_{\text{ТПС-А}}} + \frac{I_{\text{НВ}}}{K_{\text{ТПС-В}}} + \frac{I_{\text{НС}}}{K_{\text{ТПС-С}}} \right) = \\ &= \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{0,058}{350/(2800 \cdot 1,09)} + \frac{0,047}{250/(2800 \cdot 0,94)} + \frac{0,053}{250/(2800 \cdot 0,85)} \right) = \\ &= \frac{1}{3} \cdot (0,51 + 0,49 + 0,50) \approx 0,5 \text{ (АА)} \end{aligned}$$

2.11.6.2 Выбор тока срабатывания КИВ на сигнал

Ток срабатывания КИВ ВН на сигнал рассчитаем по выражению:

$$I_{\text{СР.СИГН}} = (0,05 \div 0,07) \cdot I_{\text{Н}} = 0,07 \cdot 0,5 = 0,035.$$

Ток срабатывания КИВ ВН на сигнал получается равным 0,035 А, принимаем ток равным «**Исигн КИВ**» = 7 % от базисного тока КИВ.

Ток срабатывания устройства КИВ на отключение больше тока срабатывания на сигнал в 3 раза и при этом составит $\Delta I_{\text{СР.ОТКЛ.}} = 21 \%$.

2.11.6.3 Выбор тока срабатывания КИВ на сигнал при загрузлении

Ток срабатывания КИВ ВН на сигнал при загрузлении принимаем равным «**Изагр КИВ**» = 10 %.

2.11.6.4 Выбор времени срабатывания КИВ на сигнал

Выдержка времени на сигнал, согласно [2], определяется из условия отстройки от максимальной выдержки времени резервных защит элементов сети высшего напряжения, примыкающий к реактору. Выдержку времени принимаем равной «**ТсрКИВсигнал**» = 9 с.

2.11.6.5 Выбор времени срабатывания КИВ на отключение

Выдержка времени отключающего элемента определяется из условия отстройки от быстродействующих защит, принимаем равной «**ТсрКИВоткл**» = 1,5 с.

2.11.6.6 Выбор времени срабатывания КИВ при загрузлении

Время срабатывания КИВ ВН при загрузлении принимаем равным «**ТсрКИВзагр**» = 12 с.

2.11.6.7 Выбор времени срабатывания неисправности КИВ

Время срабатывания неисправности КИВ ВН принимаем равным «**ТнеиспрКИВ**» = 18 с.

2.11.7 Автоматика охлаждения

Выбор параметров срабатывания и выдержек времени функции автоматика охлаждения необходимо производить в соответствии с требованиями завода-изготовителя.

Реле тока автоматика охлаждения в шкафу защиты ШР ШЭ2710 541 включается на ток фазы В стороны ЛВ. Реле максимального тока для автоматика охлаждения содержит две ступени.

2.11.7.1 Расчет тока срабатывания реле тока автоматика охлаждения

Выбор параметров срабатывания реле тока для автоматика охлаждения необходимо производить в соответствии с требованиями завода-изготовителя ШР.

Ток срабатывания реле тока автоматика охлаждения первой ступени принимаем равной « $I_{срОхл-1}$ » = 0,1 А.

Ток срабатывания реле тока автоматика охлаждения второй ступени принимаем равной « $I_{срОхл-2}$ » = 0,2 А.

2.11.8 Функция пожаротушения

Реле тока УРОВ в шкафу защиты ШЭ2710 541 включается на токи стороны ЛВ и содержит трехфазное реле максимального тока для контроля отсутствия тока для пуска пожаротушения.

В шкафу защиты предусмотрена выдача сигнала на разрешение пуска АППож ШР с контролем отсутствия тока в фазах ЛВ ШР.

2.11.8.1 Выбор тока срабатывания реле тока

Ток срабатывания реле тока для контроля отсутствия тока для пуска АППож выбирается минимальной.

Ток срабатывания принимаем равным « $I_{ср УРОВ ЛВ}$ » = 0,04 А.

2.11.8.2 Выбор напряжения срабатывания минимального реле напряжения ЛВ

Напряжение срабатывания минимального реле напряжения ЛВ выбирается из условия несрабатывания при минимальном рабочем напряжении с коэффициентом запаса 0,9.

Напряжение срабатывания минимального реле напряжения ЛВ принимаем равным « $U_{мин. УЛВ}$ » = 65 В.

2.11.8.3 Выбор времени продления импульса для пуска автоматика пожаротушения

Время подхвата срабатывания АППож – «Т пож.туш.А», «Т пож.туш.В», «Т пож.туш.С» – время достаточное для подхвата Пуска пожаротушения цепями автоматика пожаротушения.

Время продления импульса для пуска автоматики пожаротушения для фазы А принимаем равной $\langle T_{\text{пож.туш.А}} \rangle = 1 \text{ с}$.

Время продления импульса для пуска автоматики пожаротушения для фазы В принимаем равной $\langle T_{\text{пож.туш.В}} \rangle = 1 \text{ с}$.

Время продления импульса для пуска автоматики пожаротушения для фазы С принимаем равной $\langle T_{\text{пож.туш.С}} \rangle = 1 \text{ с}$.

2.11.8.4 Выбор времени ограничения импульса пуска автоматики пожаротушения

Время ограничения АППож – $\langle T_{\text{огр.пож.А}} \rangle$, $\langle T_{\text{огр.пож.В}} \rangle$, $\langle T_{\text{огр.пож.С}} \rangle$ – для селективного действия автоматики пожаротушения и подготовки для повторного пуска. Необходимо выбирать больше, чем $\langle T_{\text{пож.туш}} \rangle$.

Время ограничения импульса АППож для фазы А принимаем равной $\langle T_{\text{огр.пож.А}} \rangle = 1,1 \text{ с}$.

Время ограничения импульса АППож для фазы В принимаем равной $\langle T_{\text{огр.пож.В}} \rangle = 1,1 \text{ с}$.

Время ограничения импульса АППож для фазы С принимаем равной $\langle T_{\text{огр.пож.С}} \rangle = 1,1 \text{ с}$.

2.11.8.5 Выбор времени срабатывания деблокировки пожаротушения

Время срабатывания деблокировки пожаротушения – $\langle T_{\text{деблок.А}} \rangle$, $\langle T_{\text{деблок.В}} \rangle$, $\langle T_{\text{деблок.С}} \rangle$ – для автоматического деблокирования пожаротушения и подготовки к повторному (например к «ручному») пуску. Рекомендуемое значение 2 с.

Время срабатывания деблокировки пожаротушения для фазы А принимаем равным $\langle T_{\text{деблок.А}} \rangle = 2 \text{ с}$.

Время срабатывания деблокировки пожаротушения для фазы В принимаем равным $\langle T_{\text{деблок.В}} \rangle = 2 \text{ с}$.

Время срабатывания деблокировки пожаротушения для фазы С принимаем равным $\langle T_{\text{деблок.С}} \rangle = 2 \text{ с}$.

2.11.9 Выбор выдержек времени

2.11.9.1 Выбор выдержки времени подхвата срабатывания выходных цепей

Выдержка времени подхвата срабатывания выходных цепей определяется в зависимости от времени отключения выключателя – для современных элегазовых выключателей от 0,05 до 0,1 с, для старых масляных выключателей – от 0,2 до 0,3 с.

Выдержку времени подхвата срабатывания выходных цепей принимаем равной $\langle T_{\text{вых.цепей}} \rangle = 0,05 \text{ с}$.

2.11.9.2 Выбор времени срабатывания неисправности цепей напряжения

Время срабатывания неисправности цепей напряжения принимаем
равным «Т неис.ЦН» = 10 с.

Раздел 3. Защита шин и ошиновок

В соответствии с ПУЭ (п.3.2.121) в качестве защиты сборных шин электростанций и подстанций 35 кВ и выше следует предусматривать дифференциальную токовую защиту без выдержки времени, охватывающую все элементы, которые присоединены к системе или секции шин. Защита должна быть отстроена от переходных и установившихся токов небаланса.

В данном разделе будут рассмотрены способы реализации защиты ошинок на базе шкафов ШЭ2607 051, ШЭ2607 051051 и защиты шин на базе шкафов ШЭ2607 061, ШЭ2607 062, ШЭ2710 561, ШЭ2710 562 производства ООО НПП «ЭКРА».

3.1 Краткое описание микропроцессорных шкафов защиты шин производства «ЭКРА»

Ниже даны краткое описание, назначение и принцип действия устройств защиты шин и ошинок, рассмотренных в данных методических указаниях, а также их функциональный состав.

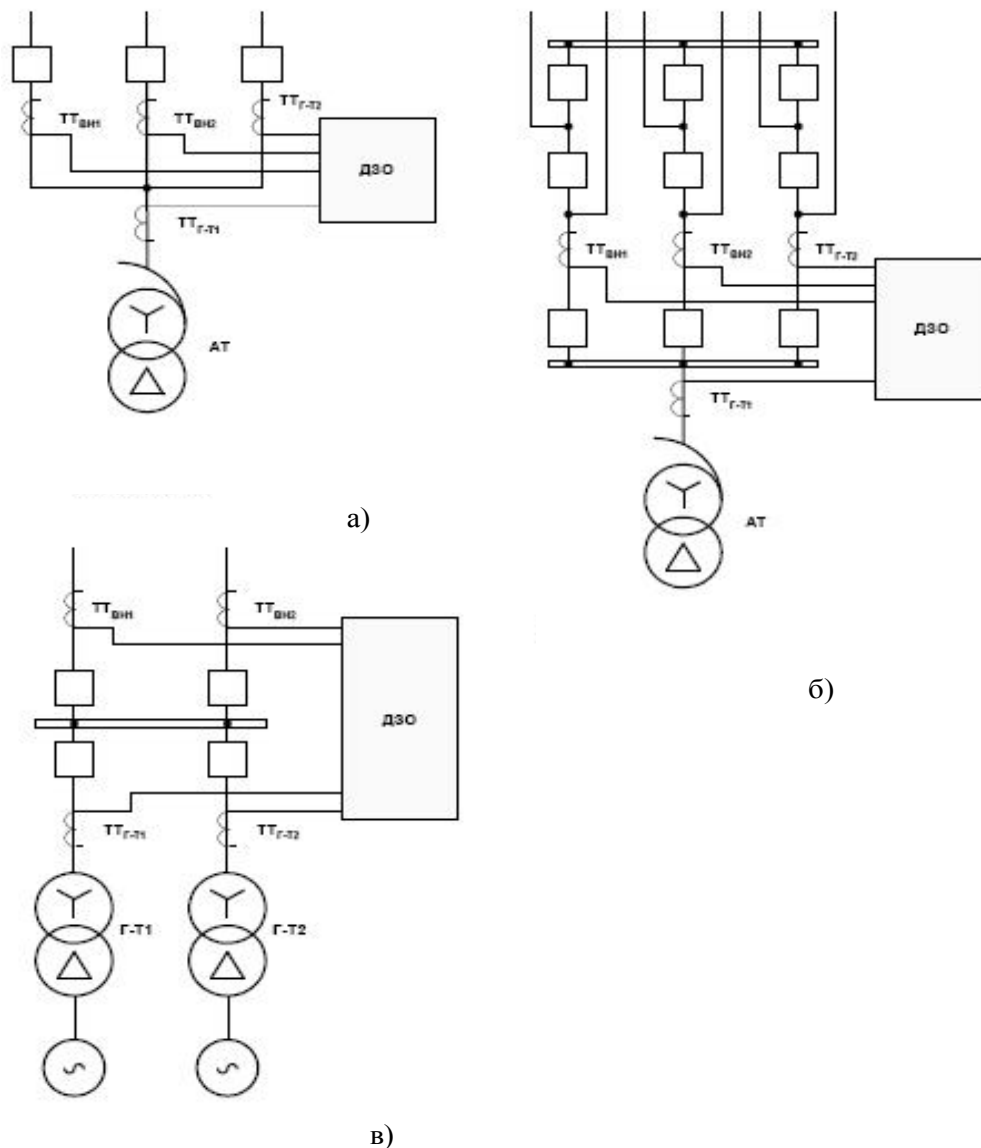
3.1.1 Шкаф защиты ошинок ШЭ2607 051, 051051

В соответствии с руководством по эксплуатации [10] шкафы типов ШЭ2607 051, ШЭ2607 051051 предназначены для защиты ошинок трансформатора (автотрансформатора) напряжением 110-750 кВ, для защиты ошинок напряжением 110 кВ и выше одного или двух параллельно работающих блоков генератор-трансформатор, а также для защиты сборных шин с фиксированным присоединением элементов с числом защищаемых присоединений не более четырех.

Шкаф ШЭ2607 051051 состоит из двух одинаковых комплектов, а шкаф ШЭ2607 051 состоит из одного комплекта. Каждый комплект содержит:

- реле дифференциальной защиты ошиновки (ДЗО);
- трехфазные реле тока УРОВ в двух присоединениях и индивидуальные трехфазные УРОВ для двух других выключателей;
- реле минимального и максимального напряжений, реагирующих на междуфазные напряжения;
- реле минимального и максимального напряжений, реагирующих на напряжения обратной последовательности;
- реле контроля исправности токовых цепей;
- логику «очувствления» ДЗО;
- логику опробования;
- логику запрета АПВ;
- цепи отключения и пуска УРОВ;
- цепи для действия в защиты генератора;
- цепи запрета АПВ.

На рисунке 3.1 представлена схема подключения защиты ошиновки.



- а) ошиновка АТ;
 б) схема «АТ-шины с полуторным присоединением линий»
 (для 4-х присоединений);
 в) ошиновка блоков Г-Т.

Рисунок 3.1 – Схемы подключения защиты ошиновки

В таблице А11 Приложения А представлен перечень параметров срабатывания шкафов ШЭ2607 051, 051051, подлежащих выбору и/или расчету и установке в терминале защиты и рассмотренных в данных методических указаниях.

Шкаф типа ШЭ2607 051051 содержит два комплекта защиты ошиновки с возможностью независимого обслуживания. В состав шкафа типа ШЭ2607 051 входит один комплект защиты ошиновки. Внутри шкафа на передней плите установлены в зависимости от исполнения два или один терминал типа БЭ2704 051.

Перед выставлением параметров срабатывания защит необходимо обеспечить выравнивание токов по сторонам защиты. Для этого рассчитываются базисные токи терминала БЭ2704 051, на базе которого реализованы шкафы ШЭ2607 051, ШЭ2607 051051. Порядок расчета приводится в Приложении В, п.4.

3.1.2 Шкаф защиты шин ШЭ2607 061

В соответствии с руководством по эксплуатации [11] шкаф типа ШЭ2607 061 предназначен для защиты шин напряжением 110-220 кВ с фиксированным присоединением элементов и с изменяемой фиксацией присоединения элементов («двойная система шин», «двойная система шин с обходной», «двойная секционированная система шин с обходной»). При этом число защищаемых присоединений не более восемнадцати.

Шкаф ШЭ2607 061 содержит:

- реле дифференциальной защиты шин (ДЗШ) с торможением – от всех видов КЗ в пофазном исполнении, состоящее из пускового органа (ПО) и избирательных органов первой (ИО1) и второй систем шин (ИО2);
- реле чувствительного токового органа (ЧТО);
- реле минимального напряжения, реагирующих на междуфазные напряжения первой и второй систем шин;
- реле максимального напряжения, реагирующих на напряжения обратной последовательности первой и второй систем шин;
- реле контроля исправности токовых цепей, контролирующих исправность дифференциальных цепей пускового органа, избирательных органов первой и второй систем шин;
- три комплекта УРОВ для шиносоединительного выключателя (ШСВ) и двух секционных выключателей (СВ1 и СВ2);
- логику «очувствления» ДЗШ;
- логику опробования;
- логику пуска УРОВ;
- логику запрета АПВ.

Защита выполнена пофазной и содержит пусковой орган (ПО), действующий при КЗ на любой из систем шин, а также избирательные органы первой (ИО1) и второй (ИО2) систем шин, определяющие поврежденную систему шин. Сигнал на отключение поврежденной системы шин появляется только при срабатывании пускового и избирательного органов поврежденной фазы/фаз.

Пусковые органы через промежуточные (входные) датчики тока подключены к основным трансформаторам тока всех присоединений обеих систем шин, за исключением трансформаторов тока ШСВ. Избирательные органы первой (ИО1) и второй (ИО2) систем шин с помощью тех же промежуточных трансформаторов тока подключены к основным трансформаторам тока присоединений соответственно первой и второй систем шин, включая трансформаторы тока ШСВ.

Присоединения Q6÷Q16 могут быть зафиксированы за 1СШ или за 2СШ через ИЧМ терминалов, а присоединения Q5 (ОВ), Q17, Q18 имеют возможность перефиксации с 1СШ на 2СШ и вывода с помощью оперативных переключателей или через ИЧМ терминалов. Фиксация присоединений показана на рисунке 3.2.

Для действия на отключение при неуспешном АПВ систем шин в защите используется чувствительный токовый орган, имеющий более высокую чувствительность, чем пусковой орган. Это вызвано тем, что при неуспешном АПВ токи КЗ могут быть значительно меньше расчетных для нормального эксплуатационного режима.

В защите предусмотрена возможность отключения систем шин при действии УРОВ присоединений. Цепи воздействия от индивидуальных УРОВ обеспечивают отключение в соответствии с тем, к какой из систем шин подключено данное присоединение.

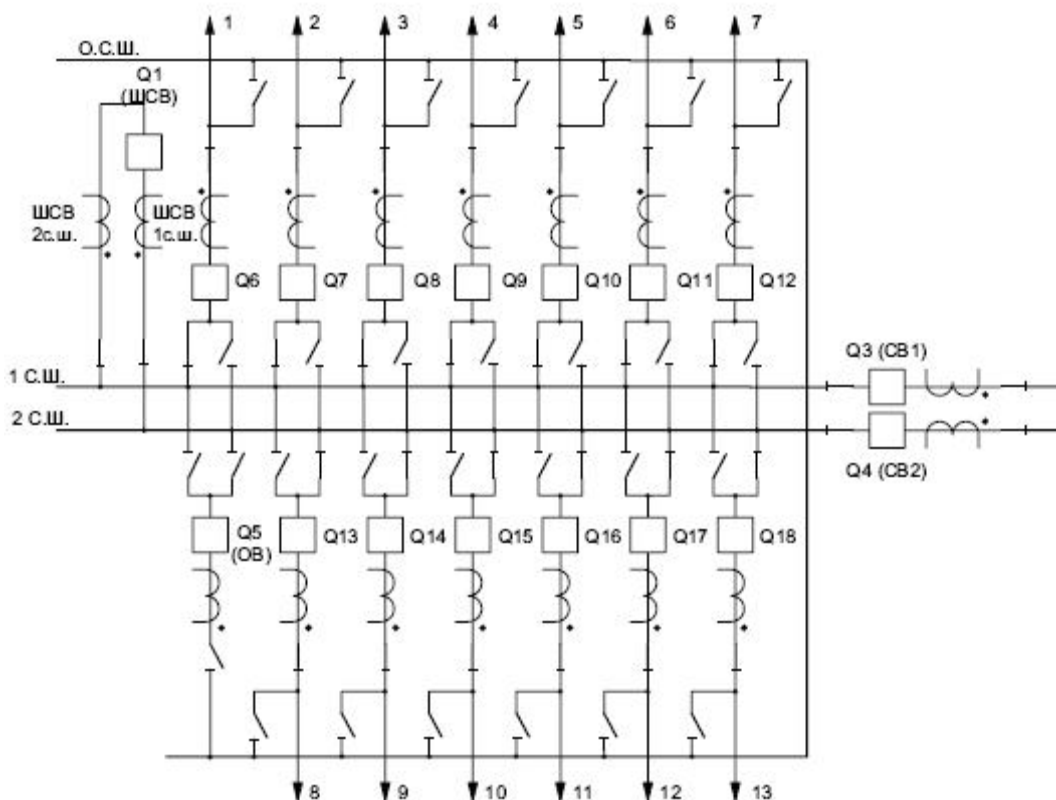


Рисунок 3.2 – Схемы защищаемых шин (18 присоединений)

В таблице А12 Приложения А представлен перечень параметров срабатывания шкафа защиты шин ШЭ2607 061, подлежащих выбору и/или расчету и установке в терминале защиты и рассмотренных в данных методических указаниях.

Шкаф типа ШЭ2607 061 выполнен с использованием трех терминалов БЭ2704V061, каждый из которых обеспечивает защиту одной фазы сборных шин. Перед выставлением параметров срабатывания защит необходимо

обеспечить выравнивание токов по сторонам защиты. Для этого рассчитываются базисные токи терминала БЭ2704 061. Порядок расчета приводится в Приложении В, п.4. **Внимание: параметры срабатывания должны быть одинаковы во всех трех терминалах БЭ2704V061, соответствующих фазам А, В, С!**

3.1.3 Шкаф защиты шин ШЭ2607 062

В соответствии с руководством по эксплуатации [12] шкаф типа ШЭ2607 062 предназначен для защиты шин напряжением 110-220 кВ с фиксированным присоединением элементов («двойная система шин», «двойная система шин с обходной», «двойная секционированная система шин с обходной»). При этом число защищаемых присоединений не более тринадцати.

Шкаф ШЭ2607 062 содержит:

- реле дифференциальной защиты шин (ДЗШ) **без торможения** от всех видов КЗ в трехфазном исполнении, состоящее из пускового органа (ПО), избирательных органов первой (ИО1) и второй систем шин (ИО2);
- трехфазное реле чувствительного токового органа (ЧТО);
- реле минимального напряжения, реагирующих на междуфазные напряжения первой и второй систем шин;
- реле максимального напряжения, реагирующих на напряжения обратной последовательности первой и второй систем шин;
- трехфазное реле контроля исправности токовых цепей пускового органа;
- логику «очувствления» ДЗШ;
- логику опробования;
- цепи пуска УРОВ;
- цепи запрета АПВ.

Если шины не секционированы, т.е. отсутствуют секционные выключатели, место присоединений Q3, Q4 могут занять присоединения с жесткой фиксацией к 1СШ и 2СШ соответственно. Фиксация присоединений показана на рисунке 3.3.

Показанная привязка присоединений по системам шин и коэффициентам трансформации ТТ соответствует:

1СШ – N_{ТТ1} – Q1, Q3, Q6, Q7; 1СШ – N_{ТТ2} – Q5, Q8, Q9;

2СШ – N_{ТТ1} – Q1, Q4, Q10, Q11; 2СШ – N_{ТТ2} – Q5, Q12, Q13.

Шкаф ШЭ2607 062 имеет возможность подключения к двум группам главных ТТ с разными коэффициентами трансформации для каждой системы шин.

В таблице А13 Приложения А представлен перечень параметров срабатывания шкафа ШЭ2607 062, подлежащих выбору и/или расчету и установке в терминале защиты и рассмотренных в данных методических указаниях.

Шкаф типа ШЭ2607 062 выполнен с использованием одного терминала типа БЭ2704V062. Перед выставлением выбранных параметров срабатывания защит необходимо обеспечить выравнивание токов по сторонам защиты. Для этого рассчитываются базисные токи терминала БЭ2704 062, на базе которого реализован шкаф ШЭ2607 062. Порядок расчета приводится в Приложении В, п.4.

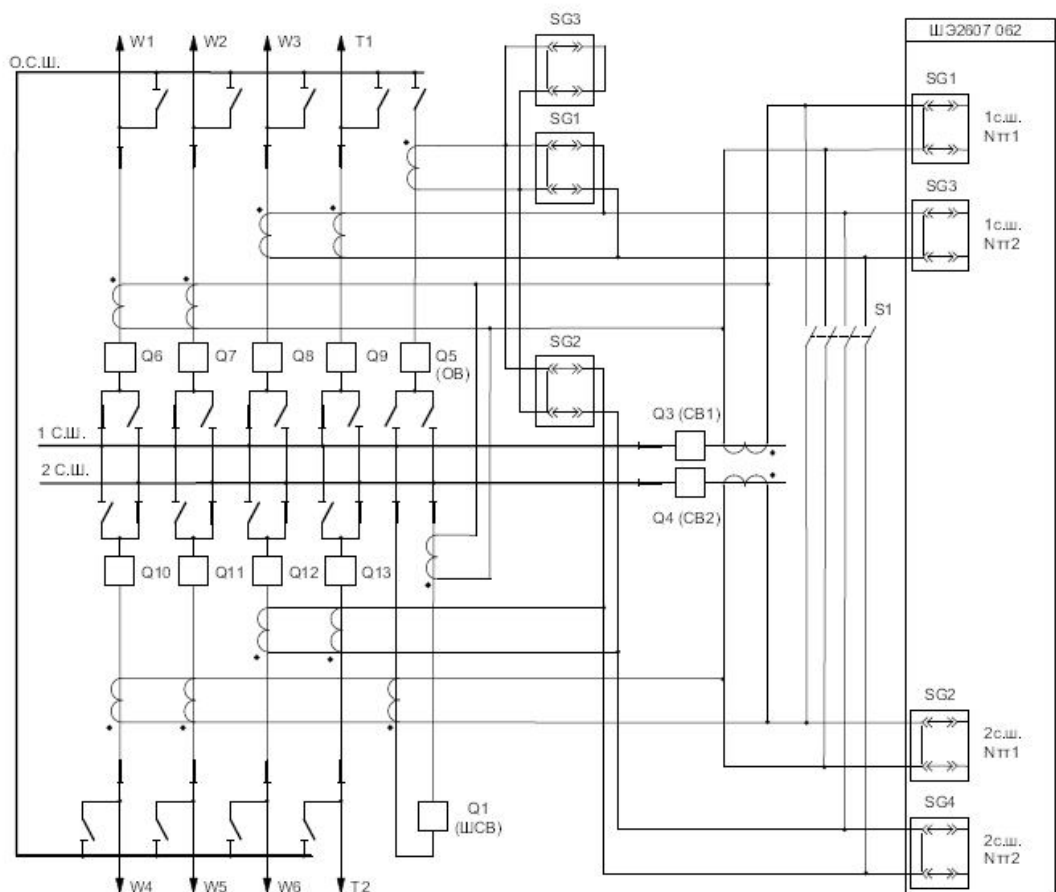


Рисунок 3.3 – Схема защищаемых шин (13 присоединений)

3.1.4 Шкаф защиты шин ШЭ2710 561

В соответствии с руководством по эксплуатации [13] шкаф типа ШЭ2710 561 предназначен для защиты шин напряжением 330-750 кВ с фиксированным присоединением элементов. При этом число защищаемых присоединений не более девяти, как представлено на рисунке 3.4. Шкаф может использоваться для защиты шин с фиксированным присоединением элементов для более низких классов напряжений (110-220 кВ).

Шкаф типа ШЭ2710 561 содержит:

- реле дифференциальной защиты шин (ДЗШ) с торможением;
- реле максимального и минимального напряжения, реагирующие на междофазные напряжения шин;
- реле максимального и минимального напряжения, реагирующее на напряжения обратной последовательности шин;
- реле контроля исправности токовых цепей;

- логику «очувствления» ДЗШ;
- логику опробования;
- цепи пуска УРОВ;
- цепи запрета АПВ.

В таблице А14 Приложения А представлен перечень параметров срабатывания шкафа ШЭ2710 561, подлежащих выбору и/или расчету и установке в терминале защиты и рассмотренных в данных методических указаниях.

Шкаф типа ШЭ2710 561 выполнен с использованием трех терминалов БЭ2704 561, каждый из которых обеспечивает защиту одной фазы сборных шин. Перед выставлением параметров срабатывания защит необходимо обеспечить выравнивание токов по сторонам защиты. Для этого рассчитываются базисные токи терминала БЭ2704 561, на базе которого реализован шкаф. Порядок расчета приводится в Приложении В, п.4.

3.1.5 Шкаф защиты шин ШЭ2710 562

В соответствии с руководством по эксплуатации [14] шкаф типа ШЭ2710 562 предназначен для защиты шин напряжением 330-750 кВ с фиксированным присоединением элементов. При этом число защищаемых присоединений не более шести, как представлено на рисунке 3.5. Шкаф может использоваться для защиты шин с фиксированным присоединением элементов для более низких классов напряжений (110-220 кВ).

Шкаф типа ШЭ2710 562 содержит:

- трехфазное реле дифференциальной защиты шин (ДЗШ) от всех видов КЗ с торможением;
- реле максимального и минимального напряжения, реагирующие на междупазные напряжения шин;
- реле максимального и минимального напряжения, реагирующее на напряжения обратной последовательности шин;
- трехфазное реле контроля исправности токовых цепей;
- логику «очувствления» ДЗШ;
- логику опробования;
- цепи пуска УРОВ;
- цепи запрета АПВ.

В таблице А15 Приложения А представлен перечень параметров срабатывания шкафа ШЭ2710 562, подлежащих выбору и/или расчету и установке в терминале защиты и рассмотренных в данных методических указаниях.

Шкаф типа ШЭ2710 562 выполнен с использованием одного терминала БЭ2704 562, который обеспечивает защиту трех фаз сборных шин. Перед выставлением параметров срабатывания защит необходимо обеспечить выравнивание токов по сторонам защиты. Для этого рассчитываются базисные токи терминала БЭ2704 562, на базе которого реализован шкаф. Порядок расчета приводится в Приложении В, п.4.

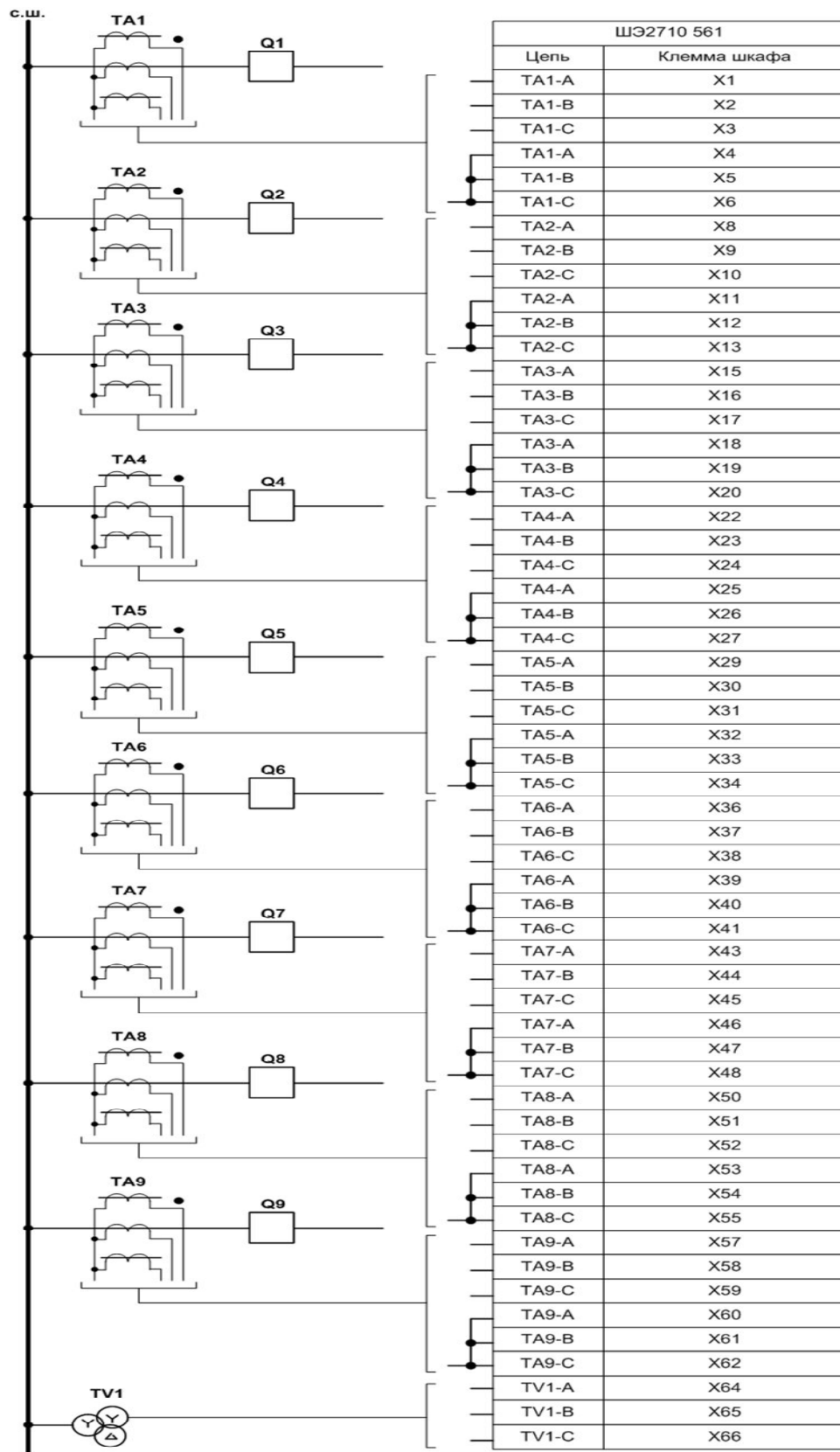


Рисунок 3.4 – Схема подключения шкафа ШЭ2710 561 к цепям переменного тока и напряжения

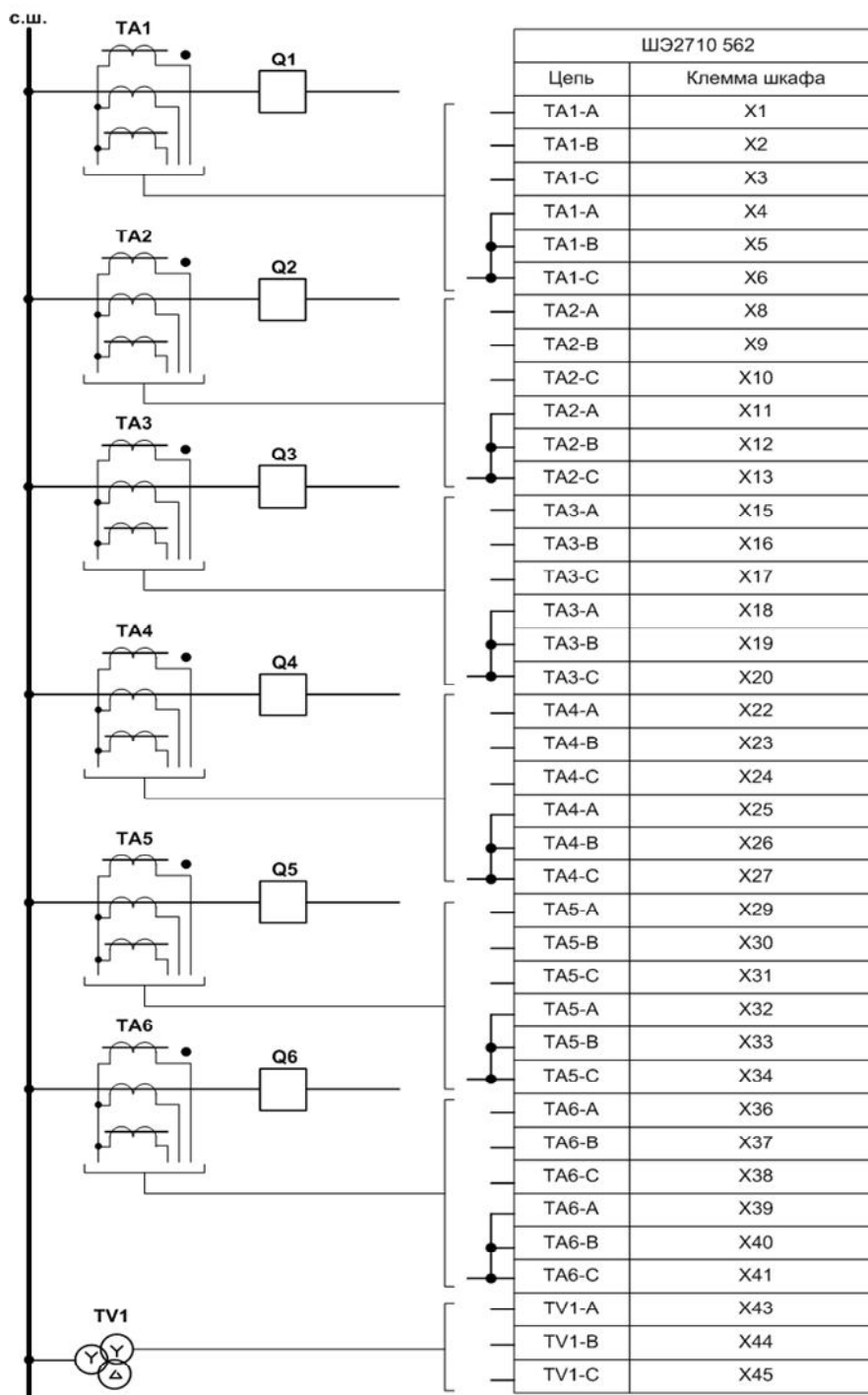


Рисунок 3.5 – Схема подключения шкафа ШЭ2710 562 к цепям переменного тока и напряжения

3.2 Дифференциальная защита шин и ошинок с торможением

В данном разделе рассмотрены шкафы защиты ШЭ2607 051 и 051051, реализующие дифференциальную защиту ошиновки (ДЗО) с торможением, и шкафы защиты ШЭ2607 061, ШЭ2710 561, ШЭ2710 562, реализующие дифференциальную защиту шин (ДЗШ) с торможением. Шкафы защиты ШЭ2607 062, реализующие ДЗШ без торможения, рассмотрены в п.3.3.

Защита выполнена пофазной и действует при всех видах КЗ на шинах или ошиновке. Реле дифференциальной защиты через промежуточные

датчики тока подключено к основным ТТ всех присоединений защищаемых шин или ошиновок. При срабатывании дифференциальной защиты сигналы отключения действуют на выходные реле, формирующие команды отключения выключателей.

В отличие от остальных шкафов защиты, рассмотренных в п.3.2, шкаф защиты шин ШЭ2607 061 предназначен для защиты двойной системы шин с возможностью перевода (перефиксации) присоединений и содержит пусковой орган, действующий при КЗ на любой из систем шин, а также избирательные органы первой (ИО1) и второй (ИО2) систем шин, определяющие поврежденную систему шин. Сигнал на отключение поврежденной системы шин появляется только при срабатывании пускового и избирательного органов поврежденной фазы/фаз.

ИО1 и ИО2 с помощью промежуточных трансформаторов тока подключены к группам основных ТТ присоединений соответственно первой и второй систем шин, включая ТТ ШСВ. Пусковые органы подключены к группам основных ТТ всех присоединений обеих систем шин, за исключением ШСВ. На рисунке 3.2 приведена схема защищаемых шин.

Промежуточные ТТ дифференциальной защиты выполнены универсальными, что позволяет выполнять подключение к вторичным цепям главных ТТ с номинальным вторичным током 1 или 5 А. Дифференциальная защита в составе шкафа ШЭ2607 051 имеет четыре входа тока для подключения к четырем трехфазным группам ТТ, шкаф ШЭ2607 061 – 18 входов тока, а шкафы ШЭ2710 561 и 562 – соответственно девять и шесть входов тока.

В шкафах защиты предусмотрено выравнивание различий коэффициентов трансформации ТТ присоединений. Выравнивание производится для следующих рядов коэффициентов трансформации высоковольтных трансформаторов тока на номинальные вторичные токи 1 и 5 А соответственно:

4000/1, 3000/1, 2000/1, 1500/1, 1200/1, 1000/1, 750/1, 600/1, 500/1;
2000/5, 1500/5, 1200/5, 1000/5, 750/5, 600/5, 500/5, 400/5.

На рисунке 3.6 представлена упрощенная функциональная схема ДЗО ШЭ2607 051.

Реле ДЗО состоит из нескольких функций:

- формирователя дифференциального и тормозного сигналов;
- токового органа;
- дифференциально-фазного органа.

Реле ДЗШ состоит из функций:

- формирователя дифференциального и тормозного сигналов;
- быстродействующего органа;

- медленнодействующего органа;
- дифференциально-фазного органа.

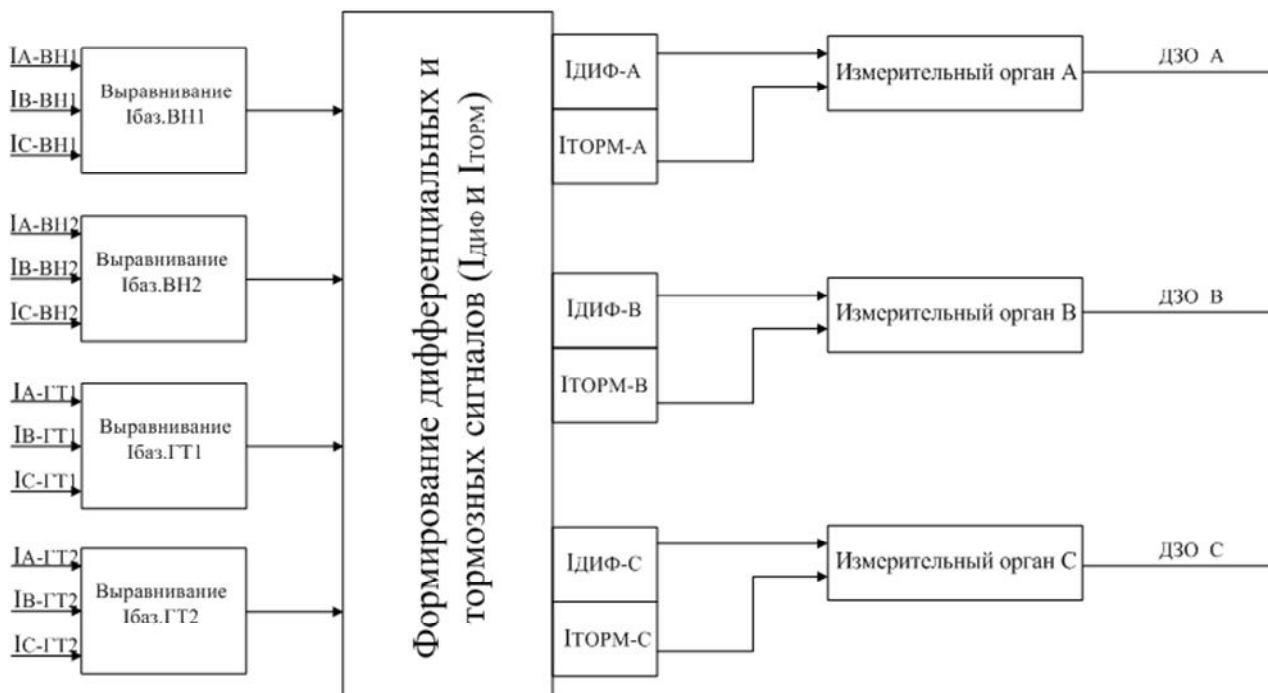


Рисунок 3.6 – Упрощенная функциональная схема ДЗО ШЭ2607 051

В формирователе дифференциального и тормозного сигналов дифференциальный ток $I_{\text{ДФ}}$ формируется как модуль геометрической суммы всех токов, поступающих на входы реле ДЗШ/ДЗО. Тормозной ток $I_{\text{ТОРМ}}$ определяется как полусумма модулей всех токов, поступающих на входы реле ДЗШ/ДЗО:

$$I_{\text{ДФ}} = \left| \sum_{j=1}^N \frac{I_{Qj}}{I_{\text{БАЗ}, Qj}} \right|, \quad (3.1)$$

$$I_{\text{ТОРМ}} = 0,5 \sum_{j=1}^N \left| \frac{I_{Qj}}{I_{\text{БАЗ}, Qj}} \right|, \quad (3.2)$$

где N – максимальное количество подключений (например, для ШЭ2607 051 $N=4$).

Для задания характеристики срабатывания ДЗШ/ДЗО, приведенной на рисунке 3.8, вводится горизонтальный участок тормозной характеристики (ток начала торможения) и коэффициент торможения. Коэффициент торможения равен отношению приращения дифференциального тока к приращению тормозного тока в условиях срабатывания.

Характеристика срабатывания состоит из горизонтального и наклонного участков, соединенных плавным переходом:

$$I_{\text{CP}} = I_{\text{Д.О}} + K_T \cdot (I_T - I_{\text{Т.О}}), \quad (3.3)$$

где I_{CP} – ток срабатывания дифференциальной защиты;
 $I_{Д.0}$ – начальный ток срабатывания;
 K_T – коэффициент торможения;
 I_T – тормозной ток;
 $I_{T.0}$ – длина горизонтального участка характеристики срабатывания.

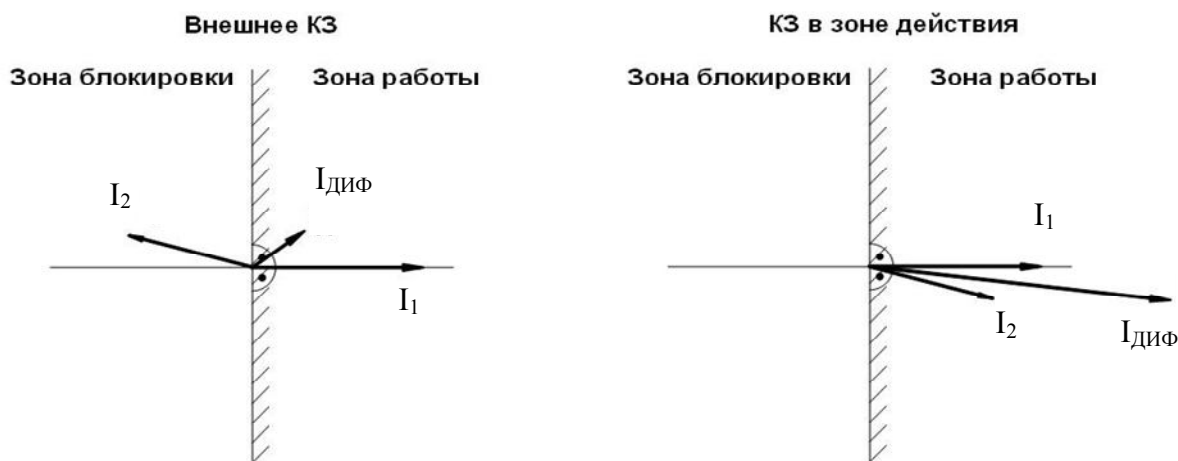


Рисунок 3.7 – Диаграмма работы дифференциально-фазного органа

Быстродействующий орган ДЗШ определяет разность скорости нарастания передних фронтов дифференциального и тормозного токов при КЗ. При КЗ в зоне дифференциальные и тормозные токи нарастают практически одновременно, а при внешнем КЗ – тормозной ток нарастает раньше дифференциального на $(0,003 \div 0,005)$ с.

Медленнодействующий орган ДЗШ и токовый орган ДЗО работают на принципе контроля формы дифференциального тока. При КЗ в зоне действия защиты дифференциальный ток по форме близок к синусоидальному и при выпрямлении изменяется два раза за период. При внешнем КЗ дифференциальный ток определяется насыщением высоковольтных трансформаторов тока и при выпрямлении изменяется один раз за период.

Дифференциально-фазный орган является дополнительным критерием, определяющим место нахождения КЗ: в зоне действия защиты (на шинах или ошиновке) или вне нее.

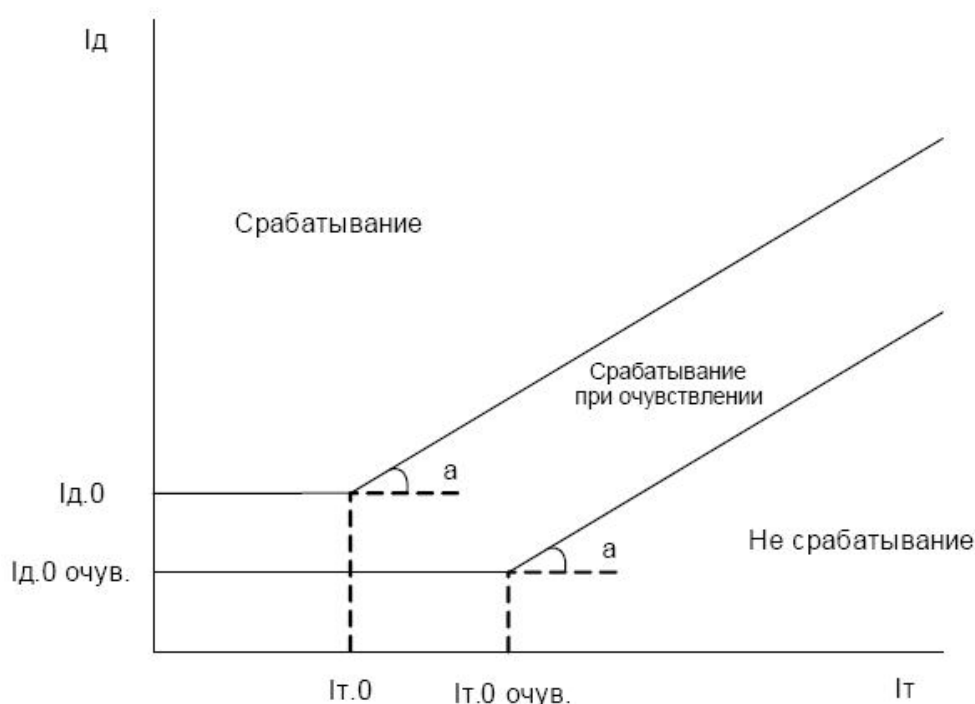
Определение зоны КЗ осуществляется по углу сдвига фаз между векторами токов I_1 и I_2 , сформированных из токов присоединений, где I_1 – наибольший из токов присоединений, а I_2 векторная сумма всех токов присоединений за исключением I_1 :

$$I_1 = \max(I_{ПР,1}, I_{ПР,2}, I_{ПР,3}, I_{ПР,4}), \quad (3.4)$$

$$I_2 = \left(\sum_{N=1}^4 I_{ПР,N} \right) - I_{ПР,1}. \quad (3.5)$$

При КЗ на шинах угол между векторами токов I_1 и I_2 близок к нулю. При внешних КЗ этот угол может составлять величину до 180° . Если ток I_2 имеет величину меньше $2 \cdot I_{НОМ}$ ($2,5 \cdot I_{НОМ}$ – для ШЭ2710 561, ШЭ2710 562),

дифференциально-фазный блокирующий орган выводится из работы (не блокирует работу быстродействующего или медленнодействующего органов).



$I_{д.0}$ – начальный ток срабатывания ДЗШ/ДЗО;

$I_{д.0 \text{ очув.}}$ – начальный ток срабатывания ДЗШ/ДЗО при оцувствлении;

$I_{т.0}$ – ток начала торможения ДЗШ/ДЗО;

$I_{т.0 \text{ очув.}}$ – ток начала торможения блокировки ДЗШ/ДЗО при оцувствлении;

$K_T = \text{tg } a$ – коэффициент торможения ДЗШ/ДЗО

Рисунок 3.8 – Характеристика срабатывания ДЗШ/ДЗО

для шкафов защиты ШЭ2607 051,051051, ШЭ2710 561, ШЭ2710 562

На рисунке 3.9 представлена характеристика срабатывания ДЗШ, где линии с углами a) и b) соответствуют характеристике срабатывания при крайних значениях диапазона параметров срабатывания:

I – характеристика срабатывания при $I_{д.0} = 0,4$; $I_{т.0} = 2,0$; $K_T = 0,5$;

II – характеристика срабатывания при $I_{д.0} = 1,2$; $I_{т.0} = 1,0$; $K_T = 1,2$;

III – линия, соответствующая металлическим внутренним КЗ.

Выше характеристики в соответствующих режимах защита срабатывает.

Расчет параметров срабатывания ДЗО (ДЗШ) сводится к определению начального тока срабатывания $I_{ср.0}$, тока начала торможения $I_{т.0}$ и коэффициента торможения K_T .

Условия срабатывания защиты определяются следующими выражениями:

– для горизонтального участка характеристики срабатывания ($I_T \leq I_{т.0}$)

$$I_{д} \geq I_{д.0}, \quad (3.6)$$

– для наклонного участка характеристики срабатывания ($I_T > I_{T,0}$)

$$I_D \geq K_T \cdot (I_T - I_{T,0}) + I_{D,0}, \quad (3.7)$$

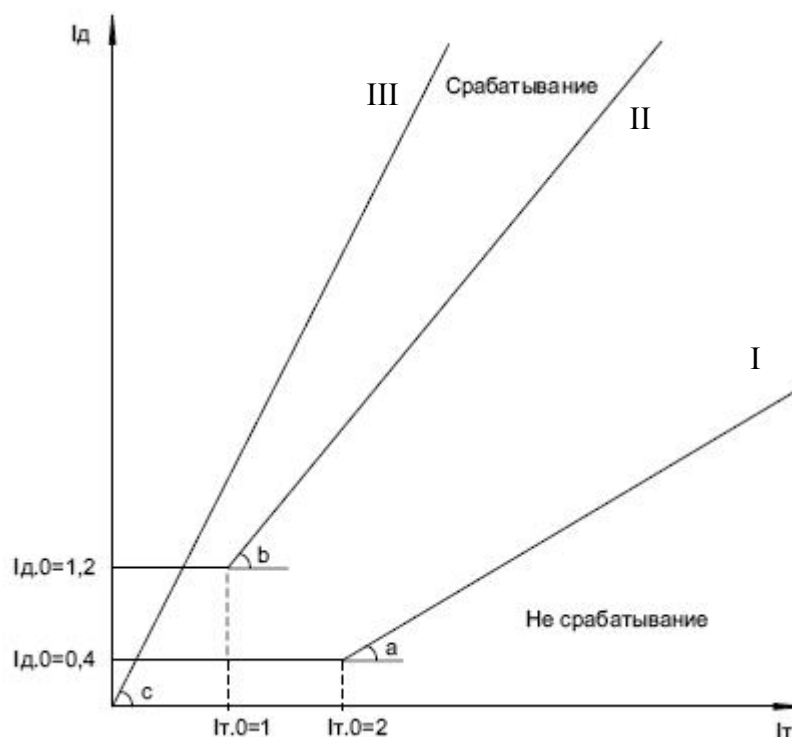
где I_D – дифференциальный ток (модуль геометрической суммы токов, подводимых к защите);

I_T – тормозной ток (арифметическая полусумма токов, подводимых к защите);

$I_{T,0}$ – ток начала торможения;

$I_{D,0}$ – начальный ток срабатывания защиты;

K_T – коэффициент торможения.



$I_{D,0}$ – ток срабатывания ДЗШ;

$I_{T,0}$ – ток начала торможения ДЗШ;

($a=31^\circ$, $b=50^\circ$, $c=63^\circ$)

Рисунок 3.9 – Характеристика срабатывания ДЗШ при различных значениях параметров срабатывания для шкафа защиты ШЭ2607 061

Очувствление дифференциальной защиты

Для ручного или автоматического (в цикле АПВ шин) опробования систем шин или ошиновки, как правило, используются присоединения с малым током КЗ. Аналогично при отключении КЗ на шинах или ошиновке возможно разновременное отключение выключателей, при этом последними могут отключаться выключатели наименее мощных присоединений. Для обеспечения надежного отключения КЗ на шинах или ошиновке и пуска УРОВ при срабатывании дифференциальной защиты в таких режимах, в том числе в цикле последующего АПВ, а также при опробовании ошиновки,

предусмотрено автоматическое повышение чувствительности (очувствление) дифференциальной защиты.

Очувствление дифференциальной защиты в составе шкафов ШЭ2607 051 и 051051, ШЭ2710 561 и 562 производится путем уменьшения начального тока срабатывания и увеличения длины начального участка тормозной характеристики, а для очувствления дифференциальной защиты в составе шкафа ШЭ2607 061 предусмотрено реле чувствительного токового органа.

Очувствление производится в следующих режимах:

- при срабатывании дифференциальной защиты для надежного доотключения и пуска УРОВ;
- в цикле АПВ шин или ошиновки;
- при ручном опробовании;
- оперативно с помощью переключателя (только для ШЭ2607 051 и 051051, ШЭ2710 561 и 562);
- при работе трансформатора (блока) с отключенными выключателями стороны высшего напряжения, что фиксируется с помощью реле тока УРОВ (только для ШЭ2607 051 и 051051).

Чувствительность дифференциальной защиты в режиме очувствления определяется по методике (см. раздел 3.2.4 «Проверка чувствительности ДЗШ/ДЗО»), при этом коэффициент чувствительности при опробовании должен быть не менее 1,5.

Для надежного отключения выключателей систем шин при работе ДЗШ, в том числе в цикле АПВ шин, в шкафах защиты шин ШЭ2607 061 предусмотрено реле **чувствительного токового органа (ЧТО)**. ЧТО имеет более высокую чувствительность, чем пусковой орган. Это вызвано тем, что при неуспешном АПВ токи КЗ могут быть значительно меньше расчетных для нормального эксплуатационного режима.

Примечание – В шкафах защиты шин ШЭ2710 561, ШЭ2710 562 и защиты ошиновки ШЭ2607 051, ШЭ2607 051051 реле ЧТО отсутствует, так как там реализовано очувствление уменьшением параметров срабатывания.

3.2.1 Выбор тока начала торможения

Ток начала торможения $I_{Т.0}$ задается в относительных единицах и регулируется в диапазоне от 1,00 до 2,00 (в долях от базисного тока) с точностью до 0,01. Рекомендуется начинать расчет параметров срабатывания защиты с принятия $I_{Т.0} = 1,0$. Если чувствительность защиты при этом получается неудовлетворительной, то необходимо увеличить $I_{Т.0}$ до необходимого значения (см. раздел 3.2.4 «Проверка чувствительности ДЗШ/ДЗО»).

Ток начала торможения ИО1 (ИО2) ДЗШ в шкафу защиты шин ШЭ2607 061 выбирается аналогично.

Ток начала торможения $I_{Т.0}$ в шкафах защиты ошиновок ШЭ2607 051, ШЭ2607 051051 обозначается « $I_{т0}$ ДЗО»; в шкафах защиты шин ШЭ2607 061 – « $I_{т0}$ ПО», « $I_{т0}$ ИО1» для ИО1, « $I_{т0}$ ИО2» для ИО2; в шкафах защиты шин ШЭ2710 561 и ШЭ2710 562 – « $I_{т0}$ ДЗШ».

3.2.2 Расчет начального тока срабатывания

Начальный ток срабатывания ПО дифференциальной защиты при отсутствии торможения выбирается по следующим условиям

– отстройки от максимального тока в защите при разрыве ее вторичных цепей в рабочем режиме:

$$I_{Д.0} \geq \frac{K_{ОТС} \cdot I_{РАБ,МАКС}}{K_{ТА} \cdot I_{БАЗ}}, \quad (3.8)$$

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

$I_{РАБ,МАКС}$ – первичный ток нагрузки наиболее нагруженного присоединения, при этом возможные пиковые (кратковременные) значения тока нагрузки не учитываются;

$K_{ТА}$ – коэффициент трансформации ТТ наиболее нагруженного присоединения;

$I_{БАЗ}$ – базисный ток наиболее нагруженного присоединения;

– отстройки от расчетного первичного тока небаланса в режиме, соответствующем началу торможения

$$I_{Д.0} \geq K_{ОТС} \cdot I_{НБ.ТОРМ.НАЧ}, \quad (3.9)$$

где $K_{ОТС}$ – коэффициент отстройки, учитывающий погрешности ДЗШ, ошибки расчета и необходимый запас; принимается равным 1,5;

$I_{НБ.ТОРМ.НАЧ}$ – составляющая тока небаланса, обусловленная погрешностью ТТ в режиме, соответствующем началу торможения (когда полусумма первичных тормозных токов равна току $I_{ТОРМ.НАЧ}$):

$$I_{НБ.ТОРМ.НАЧ} = (K_{ОДН} \cdot K_{ПЕР} \cdot \varepsilon_{ТТ} + \Delta f_{ВЫР} + \Delta f_{ПТТ}) \cdot I_{Т.0}, \quad (3.10)$$

где $K_{ОДН}$ – коэффициент однотипности принимается 1,0;

$K_{ПЕР}$ – коэффициент, учитывающий переходный режим; в зависимости от тока начала торможения принимается: $K_{ПЕР} = 1,3$ при $I_{Т.0} = 1,0$; $K_{ПЕР} = (1,5 \div 2,0)$ при $I_{Т.0} = 2,0$;

$\varepsilon_{ТТ}$ – полная относительная погрешность основных ТТ, принимается равной 0,1;

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

$\Delta f_{ПТТ}$ – полная относительная погрешность промежуточных ТТ (ПТТ устанавливаются, если значение $I_{БАЗ}$ необходимо задать вне допустимого диапазона), принимается равной 0,05;

$I_{Т.0}$ – ток начала торможения, которое сначала принимается в соответствии с пунктом 3.2.1 «Выбор тока начала торможения».

Примечание – Величины погрешностей взяты в соответствии с документацией завода-изготовителя промежуточных автотрансформаторов

АТ-31 и АТ-32 («ЧЭАЗ»). Изготовителем также регламентируется угловая погрешность, которая составляет менее 1 градуса. Поэтому полная погрешность $\Delta f_{ПТТ}$ (по модулю и по углу) принимается равной 0,05.

Минимально возможное значение начального тока срабатывания $I_{Д.0}=0,4$.

Выбирается наибольшее значение из рассчитанных по выражениям (3.8) и (3.9).

Начальный ток срабатывания ИО1 (ИО2) ДЗШ в шкафу защиты шин ШЭ2607 061 выбирается аналогично по выражениям (3.8) и (3.9), и проверяется на чувствительность по пункту 3.2.4.

Начальный ток срабатывания $I_{Д.0}$ в шкафах защиты ошиновок ШЭ2607 051, ШЭ2607 051051 обозначается «**Исп ДЗО**», в шкафу защиты шин ШЭ2607 061 – «**Исп ИО**». Начальный ток срабатывания изменяется в диапазоне от 0,40 до 1,20 от $I_{БАЗ}$.

Начальный ток срабатывания ИО1, ИО2 ДЗШ в шкафу защиты шин ШЭ2607 061 обозначается «**Исп ИО1**», «**Исп ИО2**» и изменяется в диапазоне от 0,40 до 1,20 от $I_{БАЗ}$.

Начальный ток срабатывания $I_{Д.0}$ в шкафах защиты шин ШЭ2710 561 и ШЭ2710 562 обозначается «**Исп ДЗШ**» и изменяется в диапазоне от 0,40 до 1,20 от $I_{БАЗ}$.

3.2.3 Расчет коэффициента торможения

Коэффициент торможения дифференциальной защиты выбирается из условий:

– отстройка от тока небаланса в переходном режиме при внешнем КЗ:

$$K_T \geq \frac{\Delta I_D}{\Delta I_T} = \frac{K_{ОТС} \cdot I_{НБ,РАСЧ*} - I_{Д.0}}{I_{ТОРМ,РАСЧ*} - I_{Т.0}}, \quad (3.11)$$

где $K_{ОТС}$ – коэффициент отстройки, принимаемый равным 1,5;

$I_{НБ,РАСЧ*}$ – относительное значение максимального расчетного тока небаланса при расчетном внешнем КЗ, протекающий через защиту, от которого защита должна быть отстроена выбором K_T ;

$I_{ТОРМ,РАСЧ*}$ – относительное значение расчетного тормозного тока в защите при расчетном внешнем КЗ; при проектных расчетах может определяться методом наложения;

$I_{Д.0}$ – принятое значение начального тока срабатывания дифференциальной защиты;

$I_{Т.0}$ – принятое значение тока начала торможения.

Относительное значение максимального расчетного тока небаланса в режиме внешнего КЗ определяется по выражению:

$$I_{НБ,РАСЧ*} = (K_{ОДН} \cdot K_{ПЕР} \cdot \varepsilon_{ТТ} + \Delta f_{ВЫР} + \Delta f_{ПТТ}) \cdot I_{К,МАКС}, \quad (3.12)$$

где $K_{ОДН}$ – коэффициент однотипности принимается 1,0;

$K_{ПЕР}$ – коэффициент, принимается равным 2,0;

$\varepsilon_{\text{ТТ}}$ – полная относительная погрешность основных ТТ, принимается равной 0,1;

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

$\Delta f_{\text{ПТТ}}$ – полная относительная погрешность промежуточных ТТ (ПТТ устанавливаются, если значение $I_{\text{БАЗ}}$ необходимо задать вне допустимого диапазона), принимается равной 0,05;

$I_{\text{К,МАКС}}$ – относительное максимальное значение тока внешнего металлического КЗ, приведенное к базисному току по выражению $I_{\text{К,МАКС}} = \frac{I_{\text{К,МАКС,П}}}{K_{\text{ТА}} \cdot I_{\text{БАЗ}}}$, где $I_{\text{К,МАКС,П}}$ – первичное максимальное значение тока внешнего металлического КЗ.

Относительное значение расчетного тормозного тока определяется по выражению:

$$I_{\text{ТОРМ,РАСЧ*}} = (1 - 0,5 \cdot (K_{\text{ОДН}} \cdot K_{\text{ПЕР}} \cdot \varepsilon_{\text{ТТ}} + \Delta f_{\text{ПТТ}} + \Delta f_{\text{ВЫР}})) \cdot I_{\text{К,МАКС}} + I_{\text{НАГР}}, \quad (3.13)$$

где $I_{\text{НАГР}}$ – относительное значение тока в нагрузочном режиме, приведенное к базисному току и определяемая как арифметическая сумма

токов, протекающих через защиту, по выражению $I_{\text{НАГР}} = \sum_{j=1}^N \left| \frac{I_{\text{НАГР,j}}}{K_{\text{ТА,j}} \cdot I_{\text{БАЗ,j}}} \right|$, где

$I_{\text{НАГР,j}}$ – первичное значение тока в нагрузочном режиме, протекающее по j-ой ветви присоединения.

Остальные коэффициенты принимаются по формуле (3.12).

– отстройка от тока небаланса в режиме качаний:

$$K_{\text{T}} \geq \frac{K_{\text{ОТС}} \cdot I_{\text{НБ,РАСЧ,КАЧ*}} - I_{\text{Д,0}}}{I_{\text{ТОРМ,РАСЧ*}} - I_{\text{T,0}}}, \quad (3.14)$$

где $K_{\text{ОТС}}$ – коэффициент отстройки, принимаемый равным 1,5;

$I_{\text{НБ,РАСЧ*}}$ – относительное значение максимального расчетного тока небаланса при качаниях, протекающего через защиту, от которого защита должна быть отстроена выбором K_{T} ;

$I_{\text{ТОРМ,РАСЧ*}}$ – относительное значение расчетного тормозного тока в защите при качаниях; в проектных расчетах может определяться методом наложения.

Относительное значение максимального расчетного тока небаланса в режиме качаний определяется по выражению:

$$I_{\text{НБ,РАСЧ*}} = (K_{\text{ОДН}} \cdot K_{\text{ПЕР}} \cdot \varepsilon_{\text{ТТ}} + \Delta f_{\text{ВЫР}} + \Delta f_{\text{ПТТ}}) \cdot I_{\text{КАЧ}}, \quad (3.15)$$

где $K_{\text{ОДН}}$ – коэффициент однотипности принимается 1,0;

$K_{\text{ПЕР}}$ – коэффициент, принимается равным 1,0;

$\varepsilon_{\text{ТТ}}$ – полная относительная погрешность основных ТТ, принимается равной 0,1;

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

$\Delta f_{\text{ПТТ}}$ – полная относительная погрешность промежуточных ТТ (ПТТ устанавливаются, если значение $I_{\text{БАЗ}}$ необходимо задать вне допустимого диапазона), принимается равной 0,05;

$I_{\text{КАЧ}}$ – относительное максимальное значение тока в режиме качаний, приведенное к базисному току по выражению $I_{\text{КАЧ}} = \frac{I_{\text{КАЧ,П}}}{K_{\text{ТА}} \cdot I_{\text{БАЗ}}}$, где $I_{\text{КАЧ,П}}$ – первичное максимальное значение тока в режиме качаний.

Относительное значение расчетного тормозного тока определяется по выражению:

$$I_{\text{ТОРМ,РАСЧ*}} = (1 - 0,5 \cdot (K_{\text{ОДН}} \cdot K_{\text{ПЕР}} \cdot \varepsilon_{\text{ТТ}} + \Delta f_{\text{ПТТ}} + \Delta f_{\text{ВЫР}})) \cdot I_{\text{КАЧ}} + I_{\text{НАГР}}, \quad (3.16)$$

где $I_{\text{НАГР}}$ – относительное значение тока в нагрузочном режиме, приведенное к базисному току и определяемая как арифметическая сумма

токов, протекающих через защиту, по выражению $I_{\text{НАГР}} = \sum_{j=1}^N \left| \frac{I_{\text{НАГР,j}}}{K_{\text{ТА,j}} \cdot I_{\text{БАЗ,j}}} \right|$, где

$I_{\text{НАГР,j}}$ – первичное значение тока в нагрузочном режиме, протекающее по j-ой ветви присоединения.

Остальные коэффициенты принимаются по формуле (3.12).

Принимается наибольшее из двух рассчитанных значений коэффициент торможения, K_{T} , с округлением в сторону большего (с учетом дискретности задания коэффициента торможения равной 0,1), чем расчетное значение, но не менее 0,6.

Коэффициент торможения ИО1 (ИО2) ДЗШ шкафа защиты ШЭ2607 061 выбирается аналогично выражениям (3.11) и (3.15).

Коэффициент торможения в шкафах защиты шин ШЭ2607 061, ШЭ2710 561, ШЭ2710 562 задается в относительных единицах и регулируется в диапазоне от 0,6 до 1,2. Коэффициент торможения в шкафу защиты ошиновок ШЭ2607 051, ШЭ2607 051051 регулируется в диапазоне от 0,2 до 1,2.

Коэффициент торможения в шкафах защиты ошиновок ШЭ2607 051, ШЭ2607 051051 обозначается «**Кт ДЗО**»; в шкафу защиты шин ШЭ2607 061 – «**Кт ПО**» для ПО, «**Кт ИО1**» для ИО1, «**Кт ИО2**» для ИО2; в шкафу защиты шин ШЭ2710 561, ШЭ2710 562 обозначается «**Кт ДЗШ**».

3.2.4 Проверка чувствительности ДЗШ/ДЗО

Проверка чувствительности ДЗШ/ДЗО должна производиться при расчетном виде КЗ на шинах/ошиновках в расчетных, по чувствительности, режимах работы подстанции и питающей системы:

- в нормальном режиме с учетом тока нагрузки;
- в режиме обеспечения невозврата (для пуска УРОВ) при отключении КЗ на шинах и отказе выключателя.

Коэффициент чувствительности ($K_{\text{ч}}$) в нормальном режиме определяется следующим образом

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{К,МИН}}}{I_{\text{Д,0}} + K_{\text{Т}} \cdot (I_{\text{ТОРМ,РАСЧ*}} - I_{\text{Т,0}})}, \quad (3.17)$$

где $I_{\text{К,МИН}}$ – относительное минимальное значение периодической составляющей полного фазного тока рассматриваемого вида КЗ на шинах, приведенное к базисному току по выражению $I_{\text{К,МИН}} = \frac{I_{\text{К,МИН,П}}}{K_{\text{Т}} \cdot I_{\text{БАЗ}}}$, где $I_{\text{К,МИН,П}}$ –

первичное минимальное значение периодической составляющей полного фазного тока рассматриваемого вида КЗ на шинах;

$K_{\text{Т}}$ – принятое значение коэффициента торможения;

$I_{\text{Д,0}}$ – принятое значение начального тока срабатывания дифференциальной защиты;

$I_{\text{Т,0}}$ – принятое значение тока начала торможения;

$I_{\text{ТОРМ,РАСЧ*}}$ – тормозной ток, подводимый к защите при расчетном КЗ с учетом нагрузки и вычисляемый по выражению:

$$I_{\text{ТОРМ,РАСЧ*}} = I_{\text{К,МИН}} + I_{\text{НАГР}}, \quad (3.18)$$

где $I_{\text{НАГР}}$ – относительное значение арифметической суммы токов, протекающих через защиту в нагрузочном режиме, рассчитываемое аналогично, как для выражения (3.16).

Выражение (3.17) справедливо при $I_{\text{ТОРМ,РАСЧ*}} > I_{\text{Т,0}}$.

Значение коэффициента чувствительности $K_{\text{ч}}$ должно быть не менее 2.

В случае $K_{\text{ч}} < 2$ оценка чувствительности защиты производится традиционным для защит с торможением способом: под коэффициентом чувствительности понимается кратность уменьшения тока КЗ, при которой защита находится на грани срабатывания.

На характеристику срабатывания ДЗШ/ДЗО наносится точка «В» с координатами:

$$\begin{aligned} I_{\text{Д}} &= I_{\text{К,МИН}}, \\ I_{\text{Т}} &= I_{\text{К,МИН}} + I_{\text{НАГР}}. \end{aligned} \quad (3.19)$$

Проводится прямая, соединяющая точку «В» с точкой на оси абсцисс, координата которой равна току $I_{\text{НАГР}}$. Точка «А» пересечения прямой с характеристикой срабатывания ДЗШ является точкой, где защита находится на грани срабатывания.

В первом случае, когда рассматриваемая прямая пересекает характеристику срабатывания в горизонтальной части (как показано на рисунке 3.10). Коэффициент чувствительности определяется по выражению

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{К,МИН}}}{I_{\text{Д,0}}}, \quad (3.20)$$

где $I_{\text{Д,0}}$ – принятое значение начального тока срабатывания.

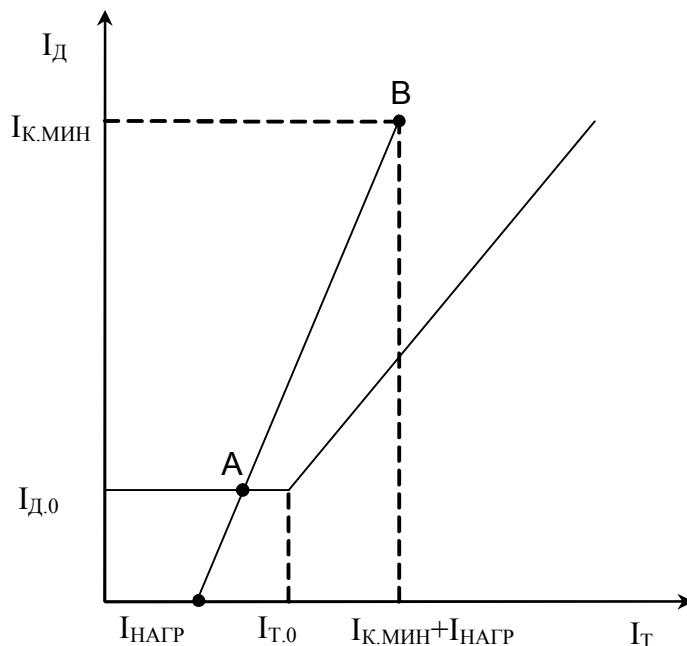


Рисунок 3.10 – Определение чувствительности ДЗШ в первом случае

В случае, когда рассматриваемая прямая пересекает характеристику срабатывания в наклонной части (как показано на рисунке 3.11), коэффициент чувствительности определяется по выражению:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{К.МИН}} \cdot (1 - K_{\text{Т}})}{I_{\text{Д.0}} - K_{\text{Т}} \cdot (I_{\text{Т.0}} - I_{\text{НАГР}})} \quad (3.21)$$

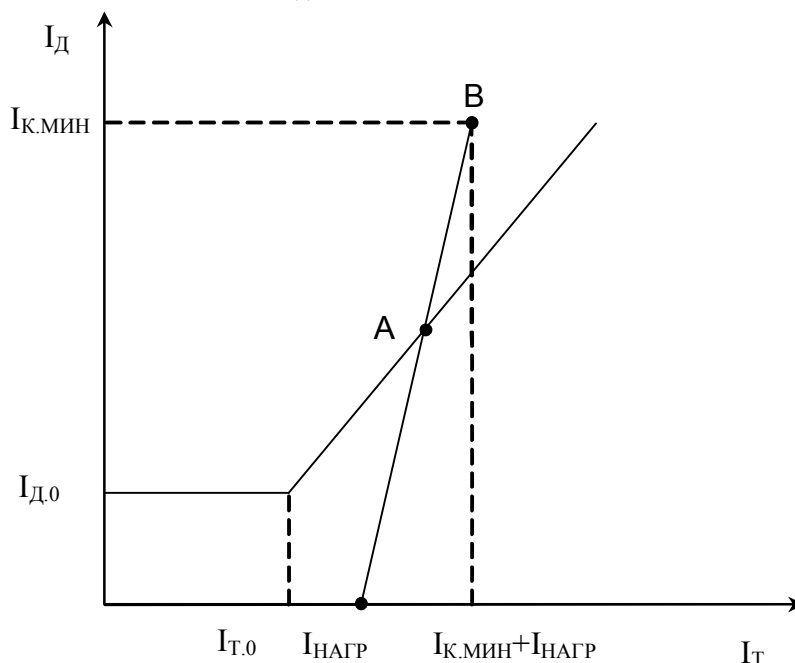


Рисунок 3.11 – Определение чувствительности ДЗШ во втором случае

Если полученное значение $K_{\text{ч}} < 2$, то необходимо увеличить значение $I_{\text{Т.0}}$ и повторить расчет чувствительности.

3.2.5 Выбор тока начала торможения при «очувствлении»

Параметр срабатывания по длине начального участка тормозной характеристики ($I_{Т.0.Оч}$) в режиме очувствления ДЗШ/ДЗО должен обеспечить чувствительность к внутренним повреждениям при питании от самого маломощного источника в минимальном режиме работы.

Длина начального участка характеристики срабатывания при «очувствлении» изменяется в диапазоне от 1,50 до 8,00 от $I_{БАЗ}$. Ток начала торможения при «очувствлении» $I_{Т.0.Оч}$ в шкафах защиты ошиновок ШЭ2607 051, ШЭ2607 051051 обозначается «**It0.оч.ДЗО**»; в шкафах защиты шин ШЭ2710 561 и ШЭ2710 562 – «**It0.оч.ДЗШ**».

3.2.6 Выбор начального тока срабатывания при «очувствлении»

Начальный ток срабатывания при «очувствлении» ($I_{Д.0.Оч}$) должен обеспечить чувствительность к внутренним повреждениям при питании от самого маломощного источника в минимальном режиме его работы. При расчете коэффициента чувствительности ДЗШ/ДЗО при очувствлении в качестве расчетного тока КЗ принимается ток при металлическом КЗ на шинах при опробовании от самого маломощного присоединения. Чувствительность ДЗШ/ДЗО при очувствлении определяется по методике п. 3.2.4 («Проверка чувствительности ДЗШ/ДЗО»), при этом коэффициент чувствительности при опробовании должен быть не менее 1,5.

Начальный ток срабатывания ДЗШ / ДЗО при «очувствлении» изменяется в диапазоне от 0,20 до 1,20 от $I_{БАЗ}$. Начальный ток срабатывания при «очувствлении» $I_{Д.0.Оч}$ в шкафах защиты ошиновок ШЭ2607 051, ШЭ2607 051051 обозначается «**Iср.оч.ДЗО**»; в шкафах защиты шин ШЭ2710 561 и ШЭ2710 562 – «**Iср.оч. ДЗШ**».

3.2.7 Расчет тока срабатывания реле чувствительного токового органа

Ток срабатывания реле ЧТО должен быть отстроен от тока небаланса при самозапуске двигателей нагрузки по выражению:

$$I_{сз,что} \geq \frac{K_{отс} \cdot K_{зап} \cdot \varepsilon_{тт}}{K_B} \cdot \frac{I_{неоткл.при\ соед}}{K_{та} \cdot I_{БАЗ}}, \quad (3.22)$$

где $K_{отс}$ – коэффициент отстройки, равный 1,2;

$K_{зап}$ – коэффициент, учитывающий увеличение тока в условиях самозапуска заторможенных двигателей нагрузки. В предварительных расчетах, а также в случае отсутствия соответствующей информации, данный коэффициент может быть принят равным из диапазона от 1,5 до 2,5. Точное значение коэффициента самозапуска невозможно определить, так как оно зависит от многих факторов: состава нагрузки, пусковых характеристик и напряжения электродвигателей, способа их включения, степени загрузки приводимых механизмов, схемы электроснабжения, длительности и степени снижения напряжения при перерыве питания или при КЗ и т.д. Для бытовой нагрузки, имеющей в своем составе малую долю электродвигателей,

принимают коэффициент самозапуска по опытным данным $K_{ЗАП} = (1,2 \div 1,3)$. Согласно литературе [20]: $K_{ЗАП} = 2,5$ – для городских сетей общего назначения, $K_{ЗАП} = 2$ – для сельских сетей;

$\varepsilon_{ТТ}$ – полная относительная погрешность основных ТТ, принимается равной 0,1;

$K_{В}$ – коэффициент возврата, который принимается равным 0,9;

$I_{НЕОТКЛ.ПРИСОЕД}$ – первичный максимальный ток неотключенного присоединения;

$K_{ТА}$ – коэффициент трансформации ТТ неотключенного присоединения;

$I_{БАЗ}$ – базисный ток неотключенного присоединения.

Ток срабатывания реле ЧТО $I_{СЗ,ЧТО}$ в шкафу защиты шин ШЭ2607 061 обозначается «**IsрЧТО**» и регулируется в диапазоне от 0,20 до 1,00. По умолчанию принимается равной 0,20. Ток срабатывания реле ЧТО в шкафах ШЭ2607 051 и 051051 и в шкафах ШЭ2710 561 и 562 отсутствует.

Проверка чувствительности реле ЧТО должна производиться при расчетном виде КЗ на шинах в расчетных режимах при опробовании присоединений:

$$K_{ч} = \frac{I_{ОПР.ПРИСОЕД*}}{I_{СЗ,ЧТО}}, \quad (3.23)$$

где $I_{ОПР.ПРИСОЕД*}$ – относительное значение минимального тока, протекающего через шины при опробовании присоединений;

$I_{СЗ,ЧТО}$ – принятое значение параметра срабатывания ЧТО.

Значение коэффициента чувствительности $K_{ч}$ должно быть не менее 2.

3.2.8 Выбор времени запоминания срабатывания ДЗШ/ДЗО

Время запоминания срабатывания ДЗО в шкафах защиты ошиновки ШЭ2607 051, 051051 выбирается с учетом того, чтобы ввод «очувствления» ДЗО продолжался в течение цикла АПВ. При этом должна быть достигнута необходимая чувствительность ДЗО в режимах срабатывания ДЗО, опробования, АПВ первого присоединения.

Время срабатывания (запоминания срабатывания) в шкафах защиты шин ШЭ2710 561, ШЭ2710 562 выбирается из условия обеспечения надежного отключения выключателей присоединений.

В шкафу защиты шин ШЭ2607 061 предусмотрено автоматическое повышение чувствительности ДЗШ при АПВ шин. Повышение чувствительности производится путем вывода из действия пускового органа, при этом отключение поврежденной системы шин при АПВ выполняет реле ЧТО, которое имеет большую чувствительность, чем пусковой орган. Указанное действие обеспечивается в течение заданного выдержки времени запоминания срабатывания ДЗШ.

Время запоминания срабатывания ДЗШ/ДЗО вычисляется по выражению:

$$t_{\text{ср.ДЗШ/ДЗО}} = t_{\text{АПВ}} + t_{\text{откл.выкл}} + t_{\text{зап}}, \quad (3.24)$$

где $t_{\text{АПВ}}$ – время цикла АПВ шин;

$t_{\text{откл.выкл}}$ – время отключения выключателя того присоединения, для которого рассматривается цикл АПВ;

$t_{\text{зап}}$ – время запаса, принимаемое равным 0,1 с.

Время запоминания срабатывания ДЗО в шкафах защиты ошиновок ШЭ2607 051 и ШЭ2607 051051 обозначается «ВрЗапомСр-яДЗО».

Время запоминания срабатывания ДЗШ 1сш (2сш) в цикле АПВ в шкафу защиты шин ШЭ2607 061 обозначается «ТзапАПВ1» («ТзапАПВ2»).

Время запоминания срабатывания ДЗШ в шкафах защиты шин ШЭ2710 561 и ШЭ2710 562 обозначается «Т ДЗШ».

Времена запоминания находятся в диапазоне от 0,05 до 27,00 с.

3.2.9 Выбор выдержки времени ввода очувствления

Выдержка времени ввода очувствления должна перекрывать время автоматической сборки доаварийной схемы шин с учетом времени срабатывания ДЗШ/ДЗО, времени отключения выключателей и времени запаса (0,5 с). Выдержка времени должна быть больше выдержки времени задержки при подаче напряжения.

Выдержка времени ввода очувствления ДЗШ/ДЗО в шкафах защиты ошиновок ШЭ2607 051, ШЭ2607 051051 обозначается «Т ДЗО», в шкафах защиты шин ШЭ2710 561 и ШЭ2710 562 – «ТвводаОчув». Выдержка времени находится в диапазоне от 0,05 до 27,00 с, и по умолчанию принимают минимальное значение – 0,05 с.

3.2.10 Выбор выдержки времени запоминания отсутствия напряжения

Выдержка времени должна быть больше выдержки времени задержки при подаче напряжения с учетом времени запаса (0,5 с).

Выдержка времени (для шкафа защиты ошиновок ШЭ2607 051, 051051) должна перекрывать время АПВ первого присоединения и выдержку по времени задержки при подаче напряжения.

Выдержка времени запоминания отсутствия напряжения (для шкафов защиты шин ШЭ2710 561, ШЭ2710 562)– должна быть больше выдержки времени задержки при подаче напряжения с учетом времени запаса (0,5 с).

Выдержка времени запоминания отсутствия напряжения в шкафах защиты ошиновок ШЭ2607 051, ШЭ2607 051051 обозначается «ВрЗапОтсНапр»; в шкафах защиты шин ШЭ2710 561 и ШЭ2710 562 – «ТзапОтсНапр».

Выдержки времени находятся в диапазоне от 0,05 до 27,00 с. По умолчанию принимают минимальное значение – 0,05 с.

3.2.11 Выбор времени задержки при подаче напряжения

Выдержка времени задержки при подаче напряжения необходима для задержки блокирующего сигнала. При помощи соответствующей программной накладки можно ввести/вывести (в зависимости от режима работы шин/ошиновок) запрет «очувствления» после АПВ первого присоединения.

Выдержка времени выбирается с учетом времени АПВ первого присоединения, времени срабатывания ДЗШ, времени отключения выключателей и времени запаса (0,5 с).

Выдержка времени (для шкафов защиты ошинок ШЭ2607 051, ШЭ2607 051051) задержки при подаче напряжения выбирается с учетом времени АПВ питающего присоединения, включаемого первым.

Выдержка времени (для шкафов защиты шин ШЭ2710 561, ШЭ2710 562) задержки при подаче напряжения выбирается с учетом времени АПВ первого присоединения и времени запаса, а также по времени ограничения ввода «очувствления». Выдержка времени должна быть меньше выдержки времени запоминания отсутствия напряжения с учетом времени запаса.

Выдержка времени задержки при подаче напряжения в шкафах защиты ошинок ШЭ2607 051, ШЭ2607 051051 обозначается «ЗадПриПодНапр»; в шкафах защиты шин ШЭ2710 561 и ШЭ2710 562 – «ТзадПодНапр».

Выдержки времени находятся в диапазоне от 0,05 до 27,00 с. По умолчанию принимают максимальное значение – 27,00 с.

3.2.12 Выбор выдержки времени АПВ

Выдержка времени АПВ в шкафах защиты ошинок ШЭ2607 051, ШЭ2607 051051 и защиты шин ШЭ2710 561 и ШЭ2710 562 рассмотрена в пункте 3.7.6.

Выдержка времени АПВ в шкафах защиты шин ШЭ2607 061 обозначаются «Т АПВ1сш» – для АПВ 1СШ; «Т АПВ2сш» – для АПВ 2СШ; в шкафах защиты шин ШЭ2607 062 – «ТогрДЗШ1» – для АПВ 1-го присоединения ДЗШ 1СШ; «ТогрДЗШ2» – для АПВ 2-го присоединения ДЗШ 2СШ. Выдержки времени регулируются в диапазоне от 0,05 до 10,00 с. Рекомендуемое значение выдержки времени – 5,00 с.

3.3 Дифференциальная защита шин без торможения (ШЭ2607 062)

В данном разделе рассматривается расчет параметров срабатывания дифференциальной защиты шин без торможения, реализованной в составе шкафа ШЭ2607 062.

Защита выполнена пофазной. ДЗШ в шкафу защиты шин ШЭ2607 062 содержит пусковой орган, действующий при КЗ на любой из систем шин, а также избирательные органы первой и второй систем шин, определяющие поврежденную систему шин. Сигнал на отключение поврежденной системы

шин появляется только при срабатывании пускового и избирательного органов поврежденной фазы/фаз.

Избирательные органы первой и второй систем шин с помощью промежуточных трансформаторов тока подключены к группам основных ТТ присоединений соответственно первой и второй систем шин, включая трансформаторы тока ШСВ. Пусковые органы подключены к группам основных ТТ всех присоединений обеих систем шин, за исключением ШСВ. На рисунке 3.3 приведена схема защищаемых шин.

ДЗШ имеет четыре входа для подключения к четырем трехфазным группам ТТ для защиты до тринадцати присоединений. В шкафах защиты предусмотрено выравнивание различий коэффициентов трансформации ТТ присоединений. Выравнивание производится для следующих рядов коэффициентов трансформации высоковольтных трансформаторов тока на номинальные вторичные токи 1 и 5 А соответственно:

4000/1, 3000/1, 2000/1, 1500/1, 1200/1, 1000/1, 750/1, 600/1, 500/1;
2000/5, 1500/5, 1200/5, 1000/5, 750/5, 600/5, 500/5, 400/5.

Выражения для расчета дифференциальных токов ПО, ИО1, ИО2 для шкафа защиты шин ШЭ2607 062:

$$I_{ИО1}^* = \frac{I_{ВХ1}}{I_{БА31}} + \frac{I_{ВХ2}}{I_{БА32}}, \quad (3.25)$$

$$I_{ИО2}^* = \frac{I_{ВХ3}}{I_{БА31}} + \frac{I_{ВХ4}}{I_{БА32}}, \quad (3.26)$$

$$I_{ПО}^* = I_{ИО1}^* + I_{ИО2}^*, \quad (3.27)$$

где $I_{ИО1}^*$ – дифференциальный ток ИО1, приведенный к базисному;
 $I_{ИО2}^*$ – дифференциальный ток ИО2, приведенный к базисному;
 $I_{ПО}^*$ – дифференциальный ток ПО, приведенный к базисному;
 $I_{ВХ1}$ – дифференциальный ток присоединений 1СШ с коэффициентом трансформации $K_{ТТ1}$;
 $I_{ВХ2}$ – дифференциальный ток присоединений 1СШ с коэффициентом трансформации $K_{ТТ2}$;
 $I_{ВХ3}$ – дифференциальный ток присоединений 2СШ с коэффициентом трансформации $K_{ТТ1}$;
 $I_{ВХ4}$ – дифференциальный ток присоединений 2СШ с коэффициентом трансформации $K_{ТТ2}$;
 $I_{БА31}$ – базисный ток для присоединений с коэффициентом трансформации $K_{ТТ1}$;
 $I_{БА32}$ – базисный ток для присоединений с коэффициентом трансформации $K_{ТТ2}$.

Дифференциальный ток ИО1 ($I_{ИО1}^*$) формируется как геометрическая сумма всех токов присоединений, зафиксированных за 1СШ. Дифференциальный ток ИО2 ($I_{ИО2}^*$) формируется как геометрическая сумма

всех токов присоединений, зафиксированных за 2СШ. Дифференциальный ток ПО формируется как сумма токов всех присоединений за исключением ШСВ.

Примечание – Предполагается, что формирование дифференциальных токов ИО1, ИО2 производится вне шкафа ШЭ2607 062 на дополнительной панели или в ящиках зажимов на ОРУ.

Реле ДЗШ состоит из реле тока, включенного на дифференциальный ток, и блокирующего реле, включенных по схеме «И». Реле тока задает параметр срабатывания по току срабатывания, а блокирующее реле обеспечивает отстройку от токов небаланса, возникающих при внешних КЗ.

Чувствительный токовый орган состоит из реле тока, включенного на дифференциальный ток пускового органа, и блокирующего реле, включенных по логической схеме «И».

Реле тока ЧТО задает параметр срабатывания по току срабатывания, а блокирующее реле обеспечивает отстройку от токов небаланса при бросках тока намагничивания, возникающих при включении силовых трансформаторов, подключенных к шинам.

3.3.1 Расчет начального тока срабатывания

Начальный ток срабатывания ПО ДЗШ в шкафах защиты шин ШЭ2607 062 выбирается по следующим условиям:

– отстройки от максимального тока в защите при разрыве ее вторичных цепей в нагрузочном режиме:

$$I_{д.0} \geq \frac{K_{отс} \cdot I_{нагр,макс}}{K_{та} \cdot I_{баз}}, \quad (3.28)$$

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

$I_{нагр,макс}$ – первичный ток нагрузки наиболее нагруженного присоединения в предположении возможности разрыва вторичной цепи его ТТ, при этом возможные пиковые (кратковременные) значения тока нагрузки не учитываются;

$K_{та}$ – коэффициент трансформации главных ТТ;

$I_{баз}$ – базисный ток присоединения;

– отстройки от расчетного максимального тока небаланса при переходном режиме внешнего КЗ:

$$I_{д.0} \geq \frac{K_{отс} \cdot I_{нб,расч}}{K_{та} \cdot I_{баз}}, \quad (3.29)$$

где $K_{отс}$ – коэффициент отстройки, учитывающий погрешности ДЗШ, ошибки расчета и необходимый запас; принимается равным 1,5;

$I_{нб,расч}$ – расчетный ток небаланса при внешнем КЗ:

$$I_{нб,расч} = (K_{одн} \cdot K_{пер} \cdot \varepsilon_{тт} + \Delta f_{птт} + \Delta f_{выр}) \cdot I_{к,макс}, \quad (3.30)$$

где $K_{одн}$ – коэффициент однотипности принимается равным 1,0;

$K_{\text{ПЕР}}$ – коэффициент, учитывающий переходный режим; в зависимости от тока начала торможения принимается равным 1,0;

$\varepsilon_{\text{ТТ}}$ – полная относительная погрешность основных ТТ, принимается равной 0,1;

$\Delta f_{\text{ПТТ}}$ – полная относительная погрешность промежуточных ТТ (ПТТ) устанавливаются, если значение $I_{\text{БАЗ}}$ необходимо задать вне диапазона от 1,001 до 16,000 А), принимается равной 0,05;

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

$I_{\text{К.МАКС}}$ – действующее значение периодической составляющей сверхпереходного режима, проходящего через ТТ при внешнем трехфазном КЗ в максимальном режиме.

Выбирается наибольшее значение из полученных по выражениям (3.28) и (3.29).

Начальный ток срабатывания ПО ($I_{\text{Д.0}}$) в шкафу защиты шин ШЭ2607 062 обозначается «**Isр ПО**» и изменяется в диапазоне от 0,4 до 20,0 от $I_{\text{БАЗ}}$.

Ток срабатывания ИО1, ИО2 ДЗШ должен быть больше максимального тока небаланса при переходном режиме внешнего КЗ на другой системе шин и может быть определен также как для ПО ДЗШ. При этом значение $I_{\text{К.МАКС}}$ – максимальное значение периодической составляющей тока КЗ, проходящего по ТТ, установленному в цепи ШСВ при повреждении на другой системе шин.

Начальный ток срабатывания ИО1, ИО2 ДЗШ в шкафах защиты шин ШЭ2607 062 обозначается «**Isр ИО1**», «**Isр ИО2**» и изменяется в диапазоне от 0,4 до 20,0 от $I_{\text{БАЗ}}$.

3.3.2 Расчет тока срабатывания реле чувствительного токового органа

Ток срабатывания реле ЧТО должен быть отстроен от тока небаланса при самозапуске двигателей нагрузки по выражению (3.22).

Коэффициент возврата реле контроля тока равен 0,9. Ток срабатывания реле ЧТО в шкафу защиты шин ШЭ2607 062 обозначается «**Isр ЧТО**» и регулируется в пределах от 0,20 до 1,00. По умолчанию принимается равным 0,20.

3.3.3 Выбор времени запоминания срабатывания ДЗШ в цикле АПВ

В шкафу защиты шин ШЭ2607 062 предусмотрено автоматическое повышение чувствительности ДЗШ при АПВ шин. Повышение чувствительности производится путем вывода из действия пускового органа, при этом отключение поврежденной системы шин при АПВ выполняет реле

ЧТО, которое имеет большую чувствительность, чем пусковой орган. Указанное действие обеспечивается в течение заданного времени, регулируемого в пределах от 1,00 до 27,00 с.

Время запоминания срабатывания ДЗШ 1сш в цикле АПВ в шкафу защиты шин ШЭ2607 062 обозначается «ТзапАПВ1» и находится в диапазоне от 0,05 до 27,00 с. Время запоминания срабатывания ДЗШ 2сш в цикле АПВ обозначается «ТзапАПВ2» и находится в диапазоне от 0,05 до 27,00 с. По умолчанию времена запоминания принимают значение 27,00 с.

3.4 Реле контроля исправности цепей переменного тока

Для выявления неисправности в цепях тока ДЗШ предусмотрены реле контроля исправности токовых цепей, представляющие собой чувствительные токовые реле, включенные в цепи дифференциального тока соответствующей фазы.

Для контроля исправности цепей переменного тока дифференциальной защиты в шкафах защиты ошиновок ШЭ2607 051, ШЭ2607 051051 и защиты шин ШЭ2710 561, ШЭ2710 562 предусмотрены три однофазных реле контроля тока; в шкафу защиты шин ШЭ2607 061 – три пофазных реле контроля тока, включенные на фазные дифференциальные токи обоих избирательных и пускового органа; в шкафу защиты шин ШЭ2607 062 – трехфазное реле контроля исправности токовых цепей, включенное в цепи дифференциального тока ПО.

При появлении сигнала на выходе любого из реле контроля исправности токовых цепей обеспечивается сигнализация обрыва, а при срабатывании реле, включенного в дифференциальные цепи ПО, осуществляется блокировка работы ДЗШ с самоподхватом.

При необходимости блокирующее действие от реле контроля тока ПО может быть исключено.

3.4.1 Расчет тока срабатывания реле контроля исправности цепей тока

Ток срабатывания выбирается с учетом полной погрешности высоковольтных трансформаторов тока и неточности выравнивания коэффициентов трансформации ТТ в защите.

Ток срабатывания реле контроля обрыва (неисправности) цепей переменного тока выбирается по условию отстройки от тока небаланса максимального рабочего (нагрузочного) режима:

$$I_{\text{CP}} = \frac{(K_{\text{НБ}} + \Delta f_{\text{ВЫР}}) \cdot K_{\text{ОТС}} \cdot I_{\text{НАГР.МАКС}}}{K_{\text{ТА}} \cdot I_{\text{БАЗ}}}, \quad (3.31)$$

где $K_{\text{НБ}}$ – коэффициент небаланса, принимается равным 0,02;

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

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

$I_{\text{НАГР,МАКС}}$ – первичный ток нагрузки наиболее мощного присоединения для защиты шин и ошинок;

$K_{\text{ТА}}$ – коэффициент трансформации трансформатора со стороны наиболее мощного присоединения для защиты шин и ошинок;

$I_{\text{БАЗ}}$ – базисный ток присоединения.

В проектных расчетах можно принимать минимальное значение – 0,04. В условиях эксплуатации может потребоваться увеличение тока срабатывания с учетом реального значения тока небаланса.

Ток срабатывания реле контроля тока регулируется в диапазоне от 0,04 до 0,20 от базисного тока $I_{\text{БАЗ}}$.

Ток срабатывания реле контроля обрыва цепей тока в шкафах защиты ошинок ШЭ2607 051 и ШЭ2607 051051 обозначается «**ІсрОбрТока**»; в шкафах защиты шин ШЭ2710 561 и ШЭ2710 562 – «**ІсрОбрыв**».

Ток срабатывания реле контроля исправности цепей тока ПО в шкафах защиты шин ШЭ2607 061 и ШЭ2607 062 обозначается «**ІсрОбрПО**». Ток срабатывания реле контроля исправности цепей тока ИО1 (ИО2) в шкафу защиты шин ШЭ2607 061 обозначается «**ІсрОбрИО1**» («**ІсрОбрИО2**»).

Ток срабатывания реле контроля обрыва цепей тока находятся в диапазоне от 0,04 до 0,20. По умолчанию ток срабатывания принимают равным 0,04.

3.4.2 Расчет времени срабатывания контроля обрыва цепей тока

Реле контроля тока с выдержкой времени задержки на срабатывание ($t_{\text{ср}}$), регулируемой в диапазоне от 0,10 до 27,00 с, действует на сигнал и на блокировку ДЗО или ДЗШ с самоудерживанием и ручным возвратом. Рекомендуемое значение времени срабатывания равно 10,00 с.

Выдержка времени срабатывания контроля обрыва цепей тока в шкафах защиты ШЭ2710 051, ШЭ2710 051051 обозначается «**Тобрыва**»; в шкафах защиты шин ШЭ2710 561 и ШЭ2710 562 – «**Тобрыв**».

Выдержки времени срабатывания контроля обрыва цепей тока ПО в шкафах защиты ШЭ2607 061 и ШЭ2607 062 обозначается «**ТобрывПО**»; выдержка времени срабатывания контроля обрыва цепей тока ИО1 (ИО2) в шкафу защиты ШЭ2607 061 – «**ТобрывИО1**» («**ТобрывИО2**»).

3.5 Ручное опробование

В ДЗШ и ДЗО предусмотрено опробование шин или ошинок (например, после ремонта), или присоединения от шин или ошинок.

В шкафах защиты ошинок ШЭ2607 051, 051051 предусмотрена возможность ручного опробования присоединения от работающей ошинок или ошинок от выключателей двух присоединений.

В шкафах защиты шин ШЭ2607 061, 062 обеспечена возможность ручного опробования:

- от шиносоединительного выключателя ШСВ (Q1);
- от секционных выключателей СВ1, СВ2 (Q3, Q4);
- от обходного выключателя ОВ (Q5);
- от четырех линий (на рисунке 3.2 для ШЭ2607 061 – Q6÷Q9, и на рисунке 3.3 для ШЭ2607 062 – Q6, Q8, Q10, Q12).

В схеме шкафов защиты шин ШЭ2710 561, ШЭ2710 562 обеспечена возможность ручного опробования от четырех выключателей Q1 ÷ Q4 (см. рисунки 3.4, 3.5).

При ручном опробовании обеспечивается действие на отключение выключателя, которым производится опробование. При этом предусмотрено запоминание этого режима на время от 0,05 до 0,6 с (до 1 с – для ШЭ2607 062).

Опробование присоединения от шин выключателем производится при «открытом плече» ДЗШ или ДЗО соответствующего выключателя. Поэтому для предотвращения излишнего срабатывания ДЗШ при КЗ на присоединении формируется сигнал запрета срабатывания ДЗШ на остальные присоединения на время опробования. Кроме того, в режиме опробования шин производится ощущение ДЗШ с контролем отсутствия напряжения на шинах.

В шкафу защиты шин ШЭ2607 061 предусмотрена возможность опробования присоединений Q1, Q3 и Q4 (см. рисунок 3.2) без «открытия» плеча с использованием чувствительных реле тока РТ1, РТ2, РТ3, реагирующих на соответствующие токи.

При отказе выключателей Q6, Q7, Q8 или Q9 (как показано на рисунке 3.2) в режиме опробования рабочей СШ от линий осуществляется останов ВЧ-передатчика защиты этой линии через выдержку времени, чем обеспечивается ускоренное отключение линии с противоположного конца.

Опробование обходной системы шин выполняется обходным выключателем (Q5 – на рисунке 3.2) от одной из рабочих систем шин с «открытым плечом».

3.5.1 Выбор тока срабатывания реле

Реле тока для опробования предусмотрены только в шкафу защит шин ШЭ2607 061.

В шкафу защиты регулирование тока срабатывания реле $I_{ср.опр.}$ находится в диапазоне от 0,1 до 1,0 от $I_{БАЗ.}$

Параметр срабатывания реле тока на опробование в шкафах защиты шин ШЭ2607 061 обозначается «**Иср. РТ1**» для РТ1, «**Иср. РТ2**» для РТ2, «**Иср. РТ3**» для РТ3.

По умолчанию ток срабатывания принимает значение 0,20.

3.5.2 Выбор времени запоминания команды опробования

Время запоминания команды опробования (для шкафов защиты шин ШЭ2607 061, ШЭ2607 062) выбирается с учетом времени включения

опробуемого выключателя, времени действия ДЗШ, времени отключения выключателя и времени запаса.

Выдержка времени подхвата команды опробования в шкафах защиты ошинок ШЭ2607 051, ШЭ2607 051051 обозначается «Т опроб.» и регулируется в диапазоне от 0,05 до 0,60 с.

Выдержка времени запоминания команды опробования в шкафах защиты шин ШЭ2607 061 обозначается «ТзапОпроб» и регулируется в диапазоне от 0,05 до 0,60 с.

Выдержка времени запоминания команды опробования в шкафах защиты шин ШЭ2607 062, ШЭ2710 561 и ШЭ2710 562 обозначается «ТзапОпроб» и регулируется в диапазоне от 0,05 до 1,00 с.

Рекомендуемое значение выдержки времени 0,50 с.

3.5.3 Выбор времени задержки отключения при опробовании присоединения

Время задержки отключения при опробовании присоединения выбирается из условия обеспечения запрета срабатывания ДЗШ при опробовании присоединения, когда возможно отключение системы шин, от которой производится опробование:

$$t_{\text{зад.откл}} = K_{\text{зап}} \cdot (t_{\text{ДЗШ}} + t_{\text{вых}} + t_{\text{выкл}}), \quad (3.32)$$

где $K_{\text{зап}}$ – коэффициент запаса, принимается из диапазона от 1,5 до 2,0;

$t_{\text{ДЗШ}}$ – максимальное время срабатывания реле ДЗШ, может быть принято равным 0,03;

$t_{\text{вых}}$ – максимальное время срабатывания выходного реле, может быть принято из диапазона от 0,01 до 0,02 с;

$t_{\text{выкл}}$ – максимальное время отключения высоковольтного выключателя.

Величина времени задержки отключения при опробовании присоединения должна принадлежать диапазону от 0,05 до 0,60 секунд для шкафа ШЭ2607 061; или от 0,05 до 1,00 секунды – для шкафов ШЭ2607 062, ШЭ2710 561, ШЭ2710 562.

Величина времени задержки отключения при опробовании в шкафах защиты шин ШЭ2607 061, ШЭ2607 062 обозначается «ТзадОтключ». Рекомендованное значение равно 0,60 с.

Величина времени задержки (для шкафов защиты шин ШЭ2710 561, ШЭ2710 562) выбирается с учетом времени действия ДЗШ, времени отключения выключателя и времени запаса. Время задержки обозначается «ТзадОтключ». Рекомендованное значение равно 1,00 с.

3.5.4 Выбор времени задержки останова ВЧ-передатчика

Время задержки останова ВЧ-передатчика (для шкафа защиты шин ШЭ2607 061) – выбирается с учетом времени отключения опробуемого выключателя и времени запаса. Время задержки останова ВЧ-передатчика

обозначается «ТзадОстанВЧ» и регулируется в диапазоне от 0,05 до 0,60 с. Рекомендуемое значение времени 0,10 с.

3.6 Устройство резервирования при отказе выключателя

Защита и автоматика управления для ШСВ, СВ1 и СВ2 может быть выполнена с помощью шкафа ШЭ2607 015, содержащего один комплект индивидуального устройства резервирования отказа выключателя (УРОВ). Присоединения ШСВ, СВ1 и СВ2 не имеют дублирующего комплекта УРОВ. Для обеспечения резервирования в шкафу ШЭ2607 061 предусмотрено три комплекта УРОВ для ШСВ, СВ1 и СВ2. Функция УРОВ для этих выключателей реализует принцип индивидуального устройства.

Каждый из комплектов УРОВ обеспечивает действие на отключение резервируемого выключателя без выдержки времени, а затем с выдержкой времени – действие на отключение смежных выключателей и запрет АПВ.

Предусмотрена возможность работы УРОВ в двух режимах:

- с автоматической проверкой исправности выключателя с контролем реле тока УРОВ: с минимальной выдержкой времени на отключение резервируемого выключателя, с большей выдержкой времени на отключение смежных выключателей;

- с дублированным пуском, когда сигнал на отключение смежных выключателей контролируется инверсным сигналом контроля цепи отключения КЭС, который появляется при действии защит на отключение резервируемого выключателя.

УРОВ формирует сигнал с минимальной выдержкой времени (выдержкой времени 0,01 с) на отключение резервируемого выключателя при появлении любого из сигналов:

- действие внешних устройств РЗА (внешний сигнал);
- действие ДЗО (внутренний сигнал);
- действие УРОВ смежного выключателя (внутренний сигнал);
- действие на отключение при опробовании (внутренний сигнал).

Действие на отключение резервируемого выключателя может быть выведено с помощью программной накладки.

При наличии тока через выключатель и одновременном действии устройств РЗА логические цепи УРОВ формируют сигнал на отключение смежных выключателей.

В шкафах защиты ошинок ШЭ2607 051, 051051 для контроля тока через выключатели присоединений предусмотрены четыре трехфазных реле тока УРОВ для контроля протекания тока в каждом присоединении. Однако предусмотрено два индивидуальных комплекта УРОВ – для присоединений ВН1 и ВН2.

В шкафу защиты шин ШЭ2607 061 для контроля тока через выключатели трех присоединений (ШСВ, СВ1 и СВ2) предусмотрены три реле тока УРОВ.

В шкафах предусмотрены входы от индивидуальных УРОВ присоединений и группового УРОВ для действия на отключение и запрет АПВ выключателей каждой системы шин.

Для УРОВ необходимо выбрать параметры срабатывания реле тока и выдержку времени действия на отключение смежных выключателей.

3.6.1 Расчет параметров срабатывания токового ИО УРОВ

Реле тока УРОВ предназначено для возврата схемы УРОВ при отсутствии отказа выключателя и для определения отказавшего выключателя или КЗ в зоне между выключателем и ТТ с целью выбора направления действия устройства. Ток срабатывания реле тока УРОВ должен выбираться по возможности минимальным. Рекомендованное значение тока срабатывания в диапазоне от 0,05 до 0,1 от базисного тока $I_{\text{БАЗ}}$. В отдельных случаях могут возникнуть дополнительные ограничения по выбору минимального значения тока срабатывания реле тока УРОВ (отстройка от максимального емкостного тока для УРОВ выключателей с пофазными приводами, отстройка от токов через емкостные делители и т.д.), которые должны учитываться проектировщиками при выборе параметров срабатывания.

Ток срабатывания реле тока УРОВ ($I_{\text{ср}}$) регулируется в пределах от 0,04 до 0,40 (в долях от базисного тока $I_{\text{БАЗ}}$).

Примечание – Под базисным током присоединения ($I_{\text{БАЗ}}$) понимается значение вторичного тока ТТ при протекании номинального тока ТТ с наибольшим коэффициентом трансформации (выражения для расчета базисного тока приведены в Приложении В, п.4).

Параметр срабатывания токового измерительного органа УРОВ в шкафах защиты ошиновок ШЭ2607 051, ШЭ2607 051051 обозначается «**Иср.УРОВ ВН1**» – для УРОВ ВН1; «**Иср.УРОВ ВН2**» – для УРОВ ВН2; «**Иср.УРОВ Г-Т1**» – для УРОВ Г-Т1; «**Иср.УРОВ Г-Т2**» – для УРОВ Г-Т2.

Параметр срабатывания токового измерительного органа УРОВ в шкафах защиты шин ШЭ2607 061 обозначается «**Иср.УРОВ Q1-2**» – для УРОВ Q1-2; «**Иср.УРОВ Q3**» – для УРОВ Q3; «**Иср.УРОВ Q4**» – для УРОВ Q4.

3.6.2 Выбор выдержки времени срабатывания УРОВ

В соответствии с индивидуальным принципом исполнения, УРОВ каждого комплекта шкафа имеет выдержку времени, необходимую для фиксации отказа выключателя. Это позволяет отказаться от запаса по выдержке времени, который предусматривается в централизованных УРОВ с общей выдержкой времени. Кроме того, необходимо иметь в виду, что шкаф выполнен на современной микропроцессорной базе и обеспечивает высокую точность отсчета времени.

Величина выдержки времени УРОВ должна выбираться по условию отстройки от времени отключения исправного выключателя с учетом времени

возврата устройства, погрешности внутренних элементов выдержки времени и необходимого запаса, в соответствии с выражением:

$$t_{СЗ} = t_{\text{ОТКЛ.В}} + t_{\text{ВОЗВ.УРОВ}} + t_{\text{ЗАП}}, \quad (3.33)$$

где $t_{\text{ОТКЛ.В}}$ – наибольшее время отключения выключателя всех сторон. Данная величина должна учитывать время срабатывания промежуточного реле или контактора, если действие на электромагнит отключения выключателя производится только через него;

$t_{\text{ВОЗВ.УРОВ}}$ – максимальное время возврата ИО тока УРОВ. Время возврата реле тока УРОВ при сбросе входного тока от $20 I_{\text{НОМ}}$ до нуля не более 0,03 с;

$t_{\text{ЗАП}}$ – время запаса, принимаемое равным 0,1 с.

Выдержка времени УРОВ обычно принимается равной в секундах из диапазона от 0,2 до 0,3, что улучшает условия сохранения устойчивости энергосистемы.

Выдержка времени «Тср УРОВ ВН1» («Тср УРОВ ВН2») задается в секундах и должна принадлежать диапазону от 0,10 до 0,60 с. Рекомендованное значение выдержки времени – 0,10 с.

В шкафах защиты ошинок выдержка времени обозначается «Тср.УРОВ ВН1» («Тср.УРОВ ВН2»). В шкафах защиты шин ШЭ2607 061 – «Тср.УРОВ Q1» («Тср.УРОВ Q3» – для УРОВ Q3; «Тср.УРОВ Q4» – для УРОВ Q4).

В шкафу защиты шин ШЭ2607 061 в части формирования выходов отключения каждый из комплектов УРОВ обеспечивает действие на доотключение резервируемого выключателя, а затем с выдержкой времени – действие на отключение смежных выключателей. Вывод действия УРОВ на доотключение резервируемого выключателя (действие УРОВ «на себя»), при работе по схеме с дублированным пуском, производится с помощью программируемых накладок. Выдержка времени срабатывания УРОВ «на себя» обозначаются «УРОВ Q1 насебя» – для УРОВ Q1; «УРОВ Q3 насебя» – для УРОВ Q3; «УРОВ Q4 насебя» – для УРОВ Q4 и регулируются в диапазоне от 0,01 до 0,60 с. Выдержка времени по умолчанию принимает значение 0,10 с.

3.7 Запрет АПВ

Запрет АПВ от дифференциальной защиты осуществляется в следующих случаях:

- при неуспешном АПВ шин;
- при неполнофазном или полнофазном отказе выключателя одного из питающих присоединений;
- при отключении от УРОВ выключателя любого присоединения или от УРОВ выключателя автотрансформатора (трансформатора) при срабатывании его защиты;

– оперативный запрет АПВ при срабатывании ДЗШ (внешний сигнал).

Для определения данных режимов предусмотрены в схеме шкафа защиты ошинок органы контроля напряжения ошиновки, в шкафах защиты шин – органы контроля напряжения первой и второй систем шин, а также логика запрета АПВ. На выходе схемы запрета АПВ подключаются реле, которые обеспечивают запрет АПВ всех присоединений, а избирательность действия достигается последовательным соединением контактов этих реле с контактами выходных реле присоединений.

Устройство контроля напряжения содержит четыре органа напряжения:

– максимальный ($U_{МФ>}$) и минимальный органы ($U_{МФ<}$), включенные на междуфазное напряжение;

– максимальный ($U_{2>}$) и минимальный органы ($U_{2<}$), реагирующие на повышение и понижение (соответственно для каждого органа) напряжение обратной последовательности.

3.7.1 Расчет напряжения срабатывания реле минимального междуфазного напряжения

В шкафах защиты ошинок параметр срабатывания реле минимального междуфазного напряжения выбирается из условия несрабатывания в рабочем режиме шин при минимальном рабочем напряжении с коэффициентом запаса 0,9:

$$U_{СР,МИН} \leq K_{ЗАП} \cdot U_{МИН}, \quad (3.34)$$

где $K_{ЗАП}$ – коэффициент запаса, принимается равным 0,9;

$U_{МИН}$ – минимальное рабочее напряжение в условиях несрабатывания в рабочем режиме шин (в проектных расчетах может быть принято $(0,85 \div 0,90) \cdot U_{НОМ}$).

В шкафах защиты шин параметр срабатывания реле минимального междуфазного напряжения выбирается по условию обеспечения возврата реле после отключения внешнего КЗ

$$U_{СР,МИН} \leq \frac{U_{МИН}}{K_{ОТС} \cdot K_{В}}, \quad (3.35)$$

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

$K_{В}$ – коэффициент возврата, принимается равным 1,1;

$U_{МИН}$ – междуфазное напряжение на защищаемых шинах в условиях самозапуска нагрузки после отключения внешнего КЗ (в проектных расчетах может быть принято $(0,85 \div 0,90) \cdot U_{НОМ}$).

Диапазон регулирования параметров срабатывания устройства контроля напряжения от 20 до 100 В – по междуфазному напряжению.

Параметр срабатывания реле минимального междуфазного напряжения в шкафах защиты ошинок ШЭ2607 051, ШЭ2607 051051 и в шкафах защиты шин ШЭ2710 561 и ШЭ2710 562 обозначается «**Мин.Умф**».

Параметр срабатывания минимального реле напряжения в шкафах защиты шин ШЭ2607 061, ШЭ2607 062 обозначается «**Мин.У-1сш**» – для 1СШ; «**Мин.У-2сш**» – для 2 СШ.

3.7.2 Расчет параметра срабатывания реле максимального междуфазного напряжения

В шкафах защиты шин параметр срабатывания реле максимального междуфазного напряжения должен быть не менее 1,2 от параметра срабатывания реле минимального междуфазного напряжения:

$$U_{\text{СР,МАКС}} \geq 1,2 \cdot U_{\text{СР,МИН}}, \quad (3.36)$$

где $U_{\text{СР,МИН}}$ – принятое значение параметра срабатывания реле минимального междуфазного напряжения.

Диапазон регулирования параметров срабатывания устройства контроля напряжения от 20 до 100 В – по междуфазному напряжению. Коэффициент возврата максимального органа равен 0,9.

Напряжение срабатывания максимального реле междуфазного напряжения в шкафах защиты ошиновок ШЭ2607 051, ШЭ2607 051051 и в шкафах защиты шин ШЭ2710 561, ШЭ2710 562 обозначается «**Макс.Умф**».

3.7.3 Расчет параметра срабатывания реле максимального напряжения обратной последовательности

В шкафах защиты шин и ошиновок параметр срабатывания реле максимального напряжения обратной последовательности выбирается из условия отстройки от напряжения небаланса рабочего режима. По данным опыта эксплуатации может быть принят равным:

$$U_{2\text{СР,МАКС}} = 0,06 \cdot U_{\text{НОМ}}, \quad (3.37)$$

где $U_{\text{НОМ}}$ – номинальное напряжение на шинах.

Диапазон регулирования параметра срабатывания устройства контроля напряжения от 6,0 до 24,0 В – по напряжению обратной последовательности.

Параметр срабатывания реле максимального напряжения обратной последовательности в шкафах защиты ошиновок ШЭ2607 051, ШЭ2607 051051 обозначается «**Макс. У2**».

Напряжение срабатывания максимального реле напряжения обратной последовательности в шкафах защиты шин ШЭ2607 061, ШЭ2607 062 обозначается «**Макс.У2-1сш**» – для 1СШ; «**Макс.У2-2сш**» – для 2СШ.

Напряжение срабатывания максимального реле напряжения обратной последовательности в шкафах защиты шин ШЭ2710 561 и ШЭ2710 562 обозначается «**Макс. У2**».

3.7.4 Расчет параметра срабатывания реле минимального напряжения обратной последовательности

В шкафах защиты шин и ошиновок параметр срабатывания реле минимального напряжения обратной последовательности должен быть

меньше параметра срабатывания реле максимального напряжения обратной последовательности:

$$U_{2\text{CP,МИН}} \leq \frac{U_{2\text{CP,МАКС}}}{1,2}. \quad (3.38)$$

Диапазон регулирования параметра срабатывания устройства контроля напряжения от 6 до 24 В – по напряжению обратной последовательности.

Параметр срабатывания реле минимального напряжения обратной последовательности $U_{2\text{CP,МИН}}$ в шкафах защиты ошиновок ШЭ2607 051, ШЭ2607 051051 обозначается «**Мин. U2**».

Напряжение срабатывания минимального реле напряжения обратной последовательности $U_{2\text{CP,МИН}}$ в шкафах защиты шин ШЭ2710 561 и ШЭ2710 562 обозначается «**Мин. U2**».

3.7.5 Выбор выдержки времени неисправности цепей напряжения

Выдержка времени должна превышать время длительного снижения напряжения на шинах подстанции. Рекомендуется принимать значение из диапазона от 10 до 15 с.

Выдержка времени (для шкафов защиты шин ШЭ2710 561, ШЭ2710 562) должна превышать время длительного снижения напряжения на шинах подстанции. Рекомендованное значение выдержки времени составляет 10 с.

Выдержки времени срабатывания неисправности цепей напряжения в шкафах защиты шин ШЭ2607 061, ШЭ2607 062 обозначается «**ТзадНеисЦН1**» – для 1СШ; «**ТзадНеисЦН2**» – для 2СШ; в шкафах защиты шин ШЭ2710 561 и ШЭ2710 562 – «**НеиспрЦН**».

Выдержки времени регулируются в секундах в диапазоне от 0,05 до 27,00.

3.7.6 Выбор выдержки времени задержки на цикл АПВ

Выдержка времени (для шкафов защиты ошиновок ШЭ2607 051, 051051) выбирается с учетом времени АПВ питающего присоединения, включаемого первым.

Выдержка времени (для шкафов защиты шин ШЭ2607 061, ШЭ2607 062) выбирается с учетом времени АПВ питающих присоединений, включаемых первыми. При этом должна быть достигнута необходимая чувствительность пусковых и избирательных органов. Если ЧТО не может быть отстроен от токов небаланса при асинхронном ходе или качаниях, то выдержка времени должна согласовываться с временем АПВ присоединений, включение которых может вызвать асинхронный ход или качания.

Выдержки времени (для шкафов защиты шин ШЭ2710 561, ШЭ2710 562) должны быть больше времени АПВ первого присоединения, с учетом времени срабатывания ДЗШ, времени отключения выключателей.

Выдержки времени задержки на цикл АПВ в шкафах защиты ошиновок ШЭ2607 051, ШЭ2607 051051 обозначается «**Тзадер.АПВ**»; в шкафах защиты шин ШЭ2710 561 и ШЭ2710 562 – «**Тзад. АПВ**».

Выдержки времени регулируются в секундах в диапазоне от 0,05 до 27,00.

3.7.7 Выбор выдержки времени отстройки от дребезга контактов выключателя

Выдержка времени отстройки от дребезга контактов выходных реле (для шкафов защиты шин ШЭ2710 561 и ШЭ2710 562) – выбирается с учетом времени одновременности отключения фаз выключателя. Выдержка времени обозначается «Тдребезга» и регулируется в диапазоне от 0,05 до 1,00 с. Рекомендованное значение выдержки времени равно 0,2 с.

3.8 Выбор выдержек времени

В данном пункте приведен выбор выдержек времени, которые не относятся к основным защитам и задаются в таблице параметров срабатывания в графе «Общая логика».

3.8.1 Выбор выдержки времени подхвата срабатывания выходных цепей

Выдержка времени выбирается из условия обеспечения надежного отключения выключателей и пуска УРОВ. Рекомендованное значение составляет 0,3 с.

Выдержка времени подхвата срабатывания выходных цепей в шкафах защиты ошинок ШЭ2607 051, ШЭ2607 051051 и в шкафах защиты шин ШЭ2710 561, ШЭ2710 562 обозначается «Т вых.цепей». Выдержки времени регулируются в диапазоне от 0,05 до 0,60 секунд (или от 0,05 до 1,00 секунды для ШЭ2710 561, ШЭ2710 562).

3.9 Пример расчета защит шин

В настоящем примере дан расчет защиты двойной системы шин для подстанции 110 кВ, исходная схема которой приведена на рисунке 3.12. Подстанция – с двумя системами шин (на рисунке она изображена с учетом заданной фиксации).

На подстанции два трансформатора по 125 МВА (Т1 и Т2), две транзитные линии (W1, W2), и две линии (W3, W4), работающие в режиме тупикового питания; установлены воздушные выключатели с временем включения 0,1 с. На выключателях питающих (транзитных) линиях – АПВ с временами соответственно 4 и 6 с, на ШСВ – АПВ с контролем синхронизма. Линии W3, W4 питают нагрузку другой подстанции, на которой установлены два трансформатора по 40 МВА. На тупиковых линиях W3, W4 установлены двукратные АПВ.

Рабочие токи на присоединениях:

	W1	W2	T1	T2
$I_{РАБ,НАГР}, А$	450	450	650	650

Токи при КЗ на шинах в режиме, когда все трансформаторы в работе:

	W1	W2	T1	T2
$I^{(3)}$, А	1850	1350	2900	3400
$I^{(1)}$, А	1850	1170	3450	3900

Суммарный ток при КЗ на шинах $I^{(3)}=9500$ А, $I^{(1)}=10370$ А.

Токи при КЗ на шинах в ремонтном режиме (отключен Т1):

	W1	W2	T2
$I^{(3)}$, А	1900	1400	3800
$I^{(1)}$, А	1920	1240	4310

Суммарный ток при КЗ на шинах $I^{(3)}=7100$ А, $I^{(1)}=7470$ А.

Токи КЗ на шинах в режиме опробования при включении одного присоединения (режим энергосистемы, питающей присоединение, которым осуществляется опробование, – минимальный):

	W1	W2	T1	T2
$I^{(3)}$, А	1700	1400	3100	3500
$I^{(1)}$, А	1780	1050	3750	4050

Ток в дифференциальной цепи при самозапуске нагрузки составляет 90 А.

Тип трансформаторов тока ТФНД 110-Д/Д/0,5.

На трансформаторах и в цепи ШСВ установлены ТТ с коэффициентом трансформации 750/5, а на линиях 600/5. Согласно рисунку 3.12:

$$K_{ТТ1} = K_{ТТ2} = K_{ТТ3} = K_{ТТ4} = 600/5, K_{ТТ5} = K_{ТТ6} = K_{ТТ7} = 750/5.$$

Защита шин выполнена с ШЭ2607 061 с числом присоединений, равным 6, и с дифференциальной защитой шин с торможением.

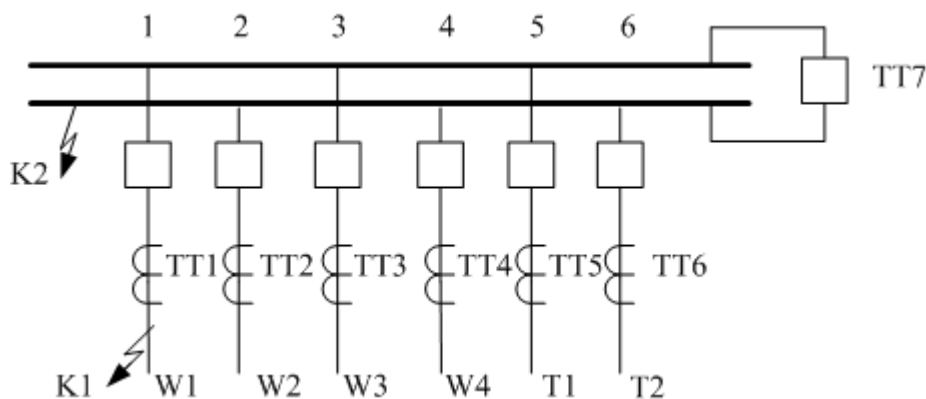


Рисунок 3.12 – Первичная расчетная схема для расчета

3.9.1 Параметрирование терминала

Расчет базисных токов присоединений ТТ в терминалах производится в следующей последовательности (в зависимости от типоисполнения шкафа защиты принимаем $I_{НОМ} = 5$ А):

1) главные ТТ присоединений расположить в порядке уменьшения их коэффициентов трансформации – ТТ5 (Т1), ТТ6 (Т2), ТТ7 (ШСВ), далее ТТ1 (W1), ТТ2 (W2), ТТ3 (W3), ТТ4 (W4);

2) при $I_{НОМ} = 5$ А базисный ток ТТ с наибольшим коэффициентом трансформации ($K_{ТТ5}$) принимается равным $I_{БАЗ,Т1} = 5$ А;

3) базисные токи присоединений с меньшими коэффициентами трансформации определяются с помощью выражения:

$$I_{БАЗ,N} = I_{БАЗ,Т1} \cdot \frac{K_{ТТ5}}{K_{ТТ,N}},$$

где $I_{БАЗ,N}$ – базисный ток присоединения с меньшим коэффициентом трансформации ТТ ($K_{ТТ,N}$);

$I_{БАЗ,Т1}$ – базисный ток ТТ с наибольшим коэффициентом трансформации ТТ.

Тогда получаем:

$$I_{БАЗ,Т2} = I_{БАЗ,Т1} \cdot \frac{K_{ТТ5}}{K_{ТТ6}} = 5 \cdot \frac{750/5}{750/5} = 5 \text{ (А)};$$

$$I_{БАЗ,ШСВ} = I_{БАЗ,Т1} \cdot \frac{K_{ТТ5}}{K_{ТТ7}} = 5 \cdot \frac{750/5}{750/5} = 5 \text{ (А)};$$

$$I_{БАЗ,W1} = I_{БАЗ,Т1} \cdot \frac{K_{ТТ5}}{K_{ТТ1}} = 5 \cdot \frac{750/5}{600/5} = 6,25 \text{ (А)};$$

$$I_{БАЗ,W2} = I_{БАЗ,Т1} \cdot \frac{K_{ТТ5}}{K_{ТТ2}} = 5 \cdot \frac{750/5}{600/5} = 6,25 \text{ (А)};$$

$$I_{БАЗ,W3} = I_{БАЗ,Т1} \cdot \frac{K_{ТТ5}}{K_{ТТ3}} = 5 \cdot \frac{750/5}{600/5} = 6,25 \text{ (А)};$$

$$I_{БАЗ,W4} = I_{БАЗ,Т1} \cdot \frac{K_{ТТ5}}{K_{ТТ4}} = 5 \cdot \frac{750/5}{600/5} = 6,25 \text{ (А)}.$$

Значения базисных токов по сторонам задаются в меню «Общая логика».

Рассчитанные значения базисных токов принадлежат диапазону изменения базисных токов, который составляет для одноамперного исполнения от 1,000 до 16,000 А, для пятиамперного исполнения диапазон от 5,000 до 25,000 А.

Установка промежуточных ТТ не требуется.

3.9.2 Расчет дифференциальной защиты шин с торможением

Защита выполнена пофазной и действует при всех видах КЗ на шинах. Реле дифференциальной защиты через промежуточные датчики тока

подключено к основным ТТ всех присоединений защищаемых шин. При срабатывании дифференциальной защиты сигналы отключения действуют на выходные реле, формирующие команды отключения выключателей.

Шкаф защиты шин ШЭ2607 061 предназначен для защиты двойной системы шин с возможностью перевода (перефиксации) присоединений и содержит пусковой орган, действующий при КЗ на любой из систем шин, а также избирательные органы первой и второй систем шин, определяющие поврежденную систему шин. Сигнал на отключение поврежденной системы шин появляется только при срабатывании пускового и избирательного органов поврежденной фазы/фаз.

3.9.2.1 Выбор тока начала торможения

Ток начала торможения $I_{Т.0}$ задается в относительных единицах и регулируется в диапазоне от 1,00 до 2,00 (в долях от базисного тока) с точностью до 0,01. Принимаем рекомендуемое для начала расчетов значение параметра срабатывания защиты $I_{Т.0} = 1,0$.

Ток начала торможения ИО1 (ИО2) ДЗШ в шкафу защиты шин ШЭ2607 061 выбирается аналогично.

Ток начала торможения $I_{Т.0}$ принимается меньше рассчитанного, задается в относительных единицах и регулируется в диапазоне от 1,0 до 2,0 (в долях от базисного тока) с точностью до 0,01.

Принимаем для ПО «**It0 ПО**» = 1,0; для ИО1 «**It0 ИО1**» = 1,0; для ИО2 «**It0 ИО2**» = 1,0.

3.9.2.2 Расчет начального тока срабатывания

Начальный ток срабатывания ПО дифференциальной защиты при отсутствии торможения выбирается по следующим условиям

– отстройки от максимального тока в защите при разрыве ее вторичных цепей в рабочем режиме:

$$I_{Д.0} \geq \frac{K_{ОТС} \cdot I_{РАБ,МАКС}}{K_{ТА} \cdot I_{БАЗ}} = \frac{1,2 \cdot 650}{750/5 \cdot 5} = 1,04,$$

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

$I_{РАБ,МАКС} = 650$ А – первичный ток нагрузки наиболее нагруженного присоединения, при этом возможные пиковые (кратковременные) значения тока нагрузки не учитываются;

$K_{ТА} = 750/5$ – коэффициент трансформации ТТ со стороны наиболее нагруженного присоединения – Т1;

$I_{БАЗ} = 5$ А – базисный ток наиболее нагруженного присоединения – Т1;

– отстройки от расчетного первичного тока небаланса в режиме, соответствующем началу торможения

$$I_{Д.0} \geq K_{ОТС} \cdot I_{НБ.ТОРМ.НАЧ} = 1,5 \cdot 0,15 = 0,225,$$

где $K_{\text{ОТС}} = 1,5$ – коэффициент отстройки, учитывающий погрешности ДЗШ, ошибки расчета и необходимый запас;

$I_{\text{НБ.ТОРМ.НАЧ}} = 0,18$ – составляющая первичного тока небаланса, обусловленная погрешностью ТТ в режиме, соответствующем началу торможения (когда полусумма первичных тормозных токов равна току $I_{\text{ТОРМ.НАЧ.П}}$).

$$I_{\text{НБ.ТОРМ.НАЧ}} = (K_{\text{ОДН}} \cdot K_{\text{ПЕР}} \cdot \varepsilon_{\text{ТТ}} + \Delta f_{\text{ПТТ}} + \Delta f_{\text{ВЫР}}) \cdot I_{\text{Т.0}} = \\ = (1,0 \cdot 1,3 \cdot 0,1 + 0,0 + 0,02) \cdot 1,0 = 0,15$$

где $K_{\text{ОДН}} = 1,0$ – коэффициент однотипности ТТ;

$K_{\text{ПЕР}} = 1,3$ – коэффициент, учитывающий переходный режим, принимается равным 1,3 при $I_{\text{Т.0}} = 1,0$;

$\varepsilon_{\text{ТТ}} = 0,1$ – полная относительная погрешность основных ТТ;

$\Delta f_{\text{ПТТ}} = 0,0$ – полная относительная погрешность промежуточных ТТ принимается равной 0, так как они не установлены;

$\Delta f_{\text{ВЫР}} = 0,02$ – полная относительная погрешность выравнивания;

$I_{\text{Т.0}} = 1,0$ – ток начала торможения, которое принимается в соответствии с пунктом 3.2.1 «Выбор тока начала торможения».

Минимально возможное значение начального тока срабатывания $I_{\text{Д.0}} = 0,4$.

Выбирается наибольшее значение из рассчитанных, то есть равное 1,1.

Начальный ток срабатывания ИО1 (ИО2) ДЗШ в шкафу защиты шин ШЭ2607 061 выбирается аналогично, и проверяется на чувствительность по пункту 3.2.4.

Начальный ток срабатывания $I_{\text{Д.0}}$ в шкафу защиты шин ШЭ2607 061 обозначается «**Иср ПО**». Начальный ток срабатывания изменяется в диапазоне от 0,4 до 1,2 от $I_{\text{БАЗ}}$. Принимаем «**Иср ПО**» = 1,1.

Начальный ток срабатывания ИО1, ИО2 ДЗШ в шкафу защиты шин ШЭ2607 061 обозначается «**Иср ИО1**», «**Иср ИО2**» и изменяется в диапазоне от 0,4 до 1,2 от $I_{\text{БАЗ}}$. Принимаем «**Иср ИО1**» = 1,1; «**Иср ИО2**» = 1,1.

3.9.2.3 Расчет коэффициента торможения

Коэффициент торможения дифференциальной защиты выбирается из условия

– отстройка от тока небаланса в переходном режиме при внешнем КЗ:

$$K_{\text{Т}} \geq \frac{\Delta I_{\text{Д}}}{\Delta I_{\text{Т}}} = \frac{K_{\text{ОТС}} \cdot I_{\text{НБ.РАСЧ*}} - I_{\text{Д.0}}}{I_{\text{ТОРМ.РАСЧ*}} - I_{\text{Т.0}}} = \frac{1,5 \cdot 2,69 - 1,1}{12,15 - 1,0} = 0,26,$$

где $K_{\text{ОТС}} = 1,5$ – коэффициент отстройки;

$I_{\text{НБ.РАСЧ*}} = 2,69$ – относительное значение максимального расчетного тока небаланса при расчетном внешнем КЗ, протекающий через защиту, от которого защита должна быть отстроена выбором $K_{\text{Т}}$;

$I_{ТОРМ,РАСЧ*} = 12,15$ – относительное значение расчетного тормозного тока в защите при расчетном внешнем КЗ;

$I_{Д.0} = 1,1$ – принятое значение начального тока срабатывания защиты;

$I_{Т.0} = 1,0$ – принятое значение тока начала торможения.

Относительное значение максимального расчетного тока небаланса определяется по выражению:

$$I_{НБ,РАСЧ*} = (K_{ОДН} \cdot K_{ПЕР} \cdot \varepsilon_{ТТ} + \varepsilon_{ПТТ} + \Delta f_{ВЫР}) \cdot I_{К,МАКС} = \\ = (1,0 \cdot 2,0 \cdot 0,1 + 0 + 0,02) \cdot 12,27 = 2,69,$$

где $K_{ОДН} = 1,0$ – коэффициент однотипности ТТ;

$K_{ПЕР} = 2,0$ – коэффициент, учитывающий переходный режим внешнего КЗ;

$\varepsilon_{ТТ} = 0,1$ – полная относительная погрешность основных ТТ;

$\Delta f_{ВЫР} = 0,02$ – полная относительная погрешность выравнивания;

$\Delta f_{ПТТ} = 0,0$ – полная относительная погрешность промежуточных ТТ принимается равной 0, так как ПТТ не установлены;

$$I_{К,МАКС} = \frac{I_{К,МАКС,П}}{K_{ТА} I_{БАЗ}} = \frac{10370 - 1170}{750 / 5 \cdot 5} = \frac{9200}{750} = 12,27 \text{ – относительное}$$

максимальное значение тока внешнего металлического КЗ, приведенное к базисному току ($I_{К,МАКС,П} = 10370 - 1170 = 9200$ А – первичное максимальное значение тока внешнего металлического КЗ, на выводах Т1).

Относительное значение расчетного тормозного тока определяется по выражению:

$$I_{ТОРМ,РАСЧ*} = (1 - 0,5 \cdot (K_{ОДН} \cdot K_{ПЕР} \cdot \varepsilon_{ТТ} + \varepsilon_{ПТТ} + \Delta f_{ВЫР})) \cdot I_{К,МАКС} + I_{НАГР} = \\ = (1 - 0,5 \cdot (1,0 \cdot 2,0 \cdot 0,1 + 0,02 + 0)) \cdot 12,67 + 0,87 = 12,15,$$

где $I_{НАГР} = \frac{I_{НАГР,П}}{K_{ТА} I_{БАЗ}} = \frac{650}{750 / 5 \cdot 5} = 0,87$ – относительное значение тока в

нагрузочном режиме, приведенное к базисному току ($I_{НАГР,П} = 650$ А – первичное значение тока в нагрузочном режиме через Т1).

Остальные коэффициенты принимаются по формуле, приведенной и рассчитанной выше.

– отстройка от тока небаланса в режиме качаний:

$$K_{Т} \geq \frac{K_{ОТС} \cdot I_{НБ,РАСЧ*} - I_{Д.0}}{I_{ТОРМ,РАСЧ*} - I_{Т.0}} = \frac{1,5 \cdot 2,992 - 1,1}{12,974 - 1,0} = 0,28,$$

где $K_{ОТС} = 1,5$ – коэффициент отстройки;

$I_{НБ,РАСЧ*} = 2,992$ – относительное значение максимального расчетного тока небаланса в режиме качаний, протекающего через защиту, от которого защита должна быть отстроена выбором $K_{Т}$;

$I_{ТОРМ,РАСЧ*} = 12,974$ – относительное значение расчетного тормозного тока в защите при расчетном внешнем КЗ;

$I_{Д.0} = 1,2$ – принятое значение начального тока срабатывания дифференциальной защиты;

$I_{Т.0} = 1,0$ – принятое значение тока начала торможения.

Относительное значение максимального расчетного тока небаланса определяется по выражению:

$$I_{НБ,РАСЧ*} = (K_{ОДН} \cdot K_{ПЕР} \cdot \varepsilon_{ТТ} + \varepsilon_{ПТТ} + \Delta f_{ВЫР}) \cdot I_{КАЧ} = \\ = (1,0 \cdot 2,0 \cdot 0,1 + 0 + 0,02) \cdot 13,6 = 2,992,$$

где $K_{ОДН} = 1,0$ – коэффициент однотипности ТТ;

$K_{ПЕР} = 2,0$ – коэффициент, учитывающий переходный режим внешнего КЗ;

$\varepsilon_{ТТ} = 0,1$ – полная относительная погрешность основных ТТ;

$\Delta f_{ВЫР} = 0,02$ – полная относительная погрешность выравнивания;

$\Delta f_{ПТТ} = 0,0$ – полная относительная погрешность промежуточных ТТ принимается равной 0, так как ПТТ не установлены.

Относительное значение расчетного тормозного тока определяется по выражению:

$$I_{ТОРМ,РАСЧ*} = (1 - 0,5 \cdot (K_{ОДН} \cdot K_{ПЕР} \cdot \varepsilon_{ТТ} + \varepsilon_{ПТТ} + \Delta f_{ВЫР})) \cdot I_{КАЧ} + I_{НАГР} = \\ = (1 - 0,5 \cdot (1,0 \cdot 2,0 \cdot 0,1 + 0,02 + 0)) \cdot 13,6 + 0,87 = 12,974,$$

где $I_{НАГР} = \frac{I_{НАГР,П}}{K_{ТА} \cdot I_{БАЗ}} = \frac{650}{750/5 \cdot 5} = 0,87$ – относительное значение тока в

нагрузочном режиме, приведенное к базисному току ($I_{НАГР,П} = 650$ А – первичное значение тока в нагрузочном режиме через Т1);

$$I_{КАЧ} = \frac{I_{КАЧ,П}}{K_{ТА} \cdot I_{БАЗ}} = \frac{10200}{750/5 \cdot 5} = 13,6$$
 – относительное максимальное значение

тока в режиме качаний, приведенное к базисному току ($I_{КАЧ,П} = 10200$ А – первичное максимальное значение тока внешнего металлического КЗ, на выводах Т1).

Остальные коэффициенты принимаются по формуле, приведенной и рассчитанной выше.

Принимается наибольшее из двух рассчитанных значений коэффициента торможения, с округлением в сторону большего (с учетом дискретности задания коэффициента торможения равной 0,1), чем расчетное значение K_T , но не менее 0,6. Поэтому принимаем $K_T = 0,6$.

Коэффициент торможения ИО1 (ИО2) ДЗШ шкафа защиты ШЭ2607 061 выбирается аналогично.

Коэффициент торможения (K_T) в шкафах защиты шин ШЭ2607 061 задается в относительных единицах и регулируется в диапазоне от 0,6 до 1,2.

Принимаем для ПО «Кт ПО» = 0,6, для ИО1 «Кт ИО1» = 0,6, для ИО2 «Кт ИО2» = 0,6.

3.9.2.4 Проверка чувствительности ДЗШ

Проверка чувствительности ДЗШ должна производиться при расчетном виде КЗ на шинах в расчетных, по чувствительности, режимах работы подстанции и питающей системы:

- в нормальном режиме с учетом тока нагрузки;
- в режиме обеспечения невозврата (для пуска УРОВ) при отключении КЗ на шинах и отказе выключателя.

Коэффициент чувствительности в нормальном режиме определяется следующим образом

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{К,МИН}}}{I_{\text{Д,0}} + K_{\text{Т}} \cdot (I_{\text{ТОРМ,РАСЧ*}} - I_{\text{Т,0}})} = \frac{8,19}{1,1 + 0,6 \cdot (4,53 - 1,0)} = 2,54,$$

где $I_{\text{К,МИН}} = \frac{I_{\text{К,МИН,П}}}{K_{\text{ТА}} I_{\text{БАЗ}}} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 7100}{750/5 \cdot 5} = 8,19$ – относительное минимальное значение

периодической составляющей полного фазного тока рассматриваемого вида КЗ на шинах, приведенное к базисному току ($I_{\text{К,МИН,П}} = 7100$ А – первичное минимальное значение периодической составляющей полного фазного тока рассматриваемого трехфазного КЗ на шинах ($\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 7100$ (А) – величина тока при междуфазном КЗ), $K_{\text{ТА}}$ и $I_{\text{БАЗ}}$ – параметры коэффициента трансформации ТТ и базисный ток для шин);

$K_{\text{Т}} = 0,6$ – принятое значение коэффициента торможения;

$I_{\text{Д,0}} = 1,2$ – принятое значение начального тока срабатывания дифференциальной защиты;

$I_{\text{Т,0}} = 1,0$ – принятое значение тока начала торможения;

$I_{\text{ТОРМ,РАСЧ*}}$ – тормозной ток, подводимый к защите при расчетном КЗ с учетом нагрузки и вычисляемый по выражению:

$$I_{\text{ТОРМ,РАСЧ*}} = 0,5 \cdot (I_{\text{К,МИН}} + I_{\text{НАГР}}) = 0,5 \cdot (8,19 + 0,87) = 4,53,$$

где $I_{\text{НАГР}} = \frac{I_{\text{НАГР,П}}}{K_{\text{ТА}} I_{\text{БАЗ}}} = \frac{650}{750/5 \cdot 5} = 0,87$ – относительное значение тока в

нагрузочном режиме, рассчитываемое аналогично выражению (3.16), где $I_{\text{НАГР,П}} = 650$ А – первичное значение тока в нагрузочном режиме, протекающем через присоединение Т1.

Выражение справедливо при условии $(I_{\text{ТОРМ,РАСЧ*}} - I_{\text{Т,0}}) > 0$.

Коэффициент чувствительности получился достаточным $2,54 > 2,0$.

3.9.2.5 Расчет тока срабатывания реле ЧТО

Ток срабатывания реле ЧТО должен быть отстроен от токов небаланса при самозапуске двигателей нагрузки по выражению:

$$I_{\text{СЗ,ЧТО}} \geq \frac{K_{\text{ОТС}} \cdot K_{\text{ЗАП}} \cdot \varepsilon_{\text{ТТ}}}{K_{\text{В}}} \cdot \frac{I_{\text{НЕОТКЛ.ПРИСОЕД}}}{K_{\text{ТА}} \cdot I_{\text{БАЗ}}} = \frac{1,2 \cdot 1,5 \cdot 0,1}{0,9} \cdot \frac{750}{750/5 \cdot 5} = 0,2,$$

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

$K_{ЗАП} = 1,5$ – коэффициент, учитывающий увеличение тока в условиях самозапуска заторможенных двигателей нагрузки;

$\varepsilon_{ТТ} = 0,1$ – полная относительная погрешность основных ТТ;

$K_{В} = 0,9$ – коэффициент возврата;

$I_{НЕОТКЛ.ПРИСОЕД} = 750$ А – первичный максимальный ток неотключенного присоединения – Т1;

$K_{ТА} = 750/5$ – коэффициент трансформации ТТ со стороны наиболее нагруженного присоединения – Т1;

$I_{БАЗ} = 5$ А – базисный ток наиболее нагруженного присоединения – Т1.

Выбирается значение из полученного расчета, равное 0,2.

Ток срабатывания реле ЧТО $I_{СЗ,ЧТО}$ в шкафу защиты шин ШЭ2607 061 обозначается «**ИспЧТО**» и регулируется в пределах от 0,20 до 1,00 от $I_{БАЗ}$. Принимаем «**ИспЧТО**» = 0,2.

3.9.2.6 Выбор выдержки времени АПВ

Выдержка времени АПВ в шкафах защиты шин ШЭ2607 061 обозначаются «**Т АПВ1сш**» – для АПВ 1СШ; «**Т АПВ2сш**» – для АПВ 2СШ. Выдержки времени регулируются в секундах в диапазоне от 0,05 до 10,00. Принимаем рекомендуемое значение выдержки времени – «**Т АПВ1сш**» = 5,00 с, «**Т АПВ2сш**» = 5,00 с.

3.9.3 Реле контроля исправности цепей переменного тока

Для выявления неисправности в цепях тока ДЗШ предусмотрены реле контроля исправности токовых цепей, представляющие собой чувствительные токовые реле, включенные в цепи дифференциального тока соответствующей фазы.

Для контроля исправности цепей переменного тока дифференциальной защиты в шкафу защиты шин ШЭ2607 061 – три пофазных реле контроля тока, включенные на фазные дифференциальные токи обоих избирательных и пускового органа.

При появлении сигнала на выходе любого из реле контроля исправности токовых цепей обеспечивается сигнализация обрыва, а при срабатывании реле, включенного в дифференциальные цепи ПО, осуществляется блокировка работы ДЗШ с самоподхватом.

При необходимости блокирующее действие от реле контроля тока ПО может быть исключено.

3.9.3.1 Расчет тока срабатывания реле контроля исправности цепей тока

Ток срабатывания выбирается с учетом полной погрешности высоковольтных трансформаторов тока и неточности выравнивания коэффициентов трансформации ТТ в защите.

Ток срабатывания реле контроля обрыва (неисправности) цепей переменного тока выбирается по условию отстройки от тока небаланса максимального рабочего (нагрузочного) режима:

$$I_{\text{CP}} = \frac{(K_{\text{НБ}} + \Delta f_{\text{ВЫР}}) \cdot K_{\text{ОТС}} \cdot I_{\text{НАГР.МАКС}}}{K_{\text{ТА}} \cdot I_{\text{БАЗ}}} = \frac{(0,02 + 0,02) \cdot 1,2 \cdot 682,5}{750/5 \cdot 5} = 0,04,$$

где $K_{\text{НБ}} = 0,02$ – коэффициент небаланса;

$\Delta f_{\text{ВЫР}} = 0,02$ – полная относительная погрешность выравнивания;

$K_{\text{ОТС}} = 1,2$ – коэффициент отстройки;

$I_{\text{НАГР.МАКС}} = 650 \cdot 1,05 = 682,5$ (А) – максимальный первичный ток нагрузки наиболее мощного присоединения – Т1;

$K_{\text{ТА}} = 750/5$ – коэффициент трансформации ТТ со стороны наиболее мощного присоединения – Т1;

$I_{\text{БАЗ}} = 5$ А – базисный ток наиболее мощного присоединения – Т1.

В проектных расчетах можно принимать минимальное значение – 0,04. В условиях эксплуатации может потребоваться увеличение тока срабатывания с учетом реального значения тока небаланса.

Ток срабатывания реле контроля исправности цепей тока ПО в шкафах защиты шин ШЭ2607 061 обозначается «**ИсрОбрПО**». Ток срабатывания реле контроля исправности цепей тока ИО1 (ИО2) в шкафу защиты шин ШЭ2607 061 обозначается «**ИсрОбрИО1**» («**ИсрОбрИО2**»).

Ток срабатывания реле контроля обрыва цепей тока находятся в диапазоне от 0,04 до 0,20. Принимаем для ПО «**ИсрОбрПО**» = 0,04, для ИО1 «**ИсрОбрИО1**» = 0,06, для ИО2 «**ИсрОбрИО2**» = 0,04.

3.9.3.2 Расчет времени срабатывания контроля обрыва цепей тока

Реле контроля тока с выдержкой времени задержки на срабатывание (t_{CP}), регулируемой в диапазоне от 0,10 до 27,00 с, действует на сигнал и на блокировку ДЗШ с самоудерживанием и ручным возвратом.

Выдержки времени срабатывания контроля обрыва цепей тока ПО в шкафах защиты ШЭ2607 061 обозначается «**ТобрывПО**»; выдержка времени срабатывания контроля обрыва цепей тока ИО1 (ИО2) в шкафу защиты ШЭ2607 061 – «**ТобрывИО1**» («**ТобрывИО2**»). Принимаем рекомендуемое значение времени срабатывания «**ТобрывПО**» = 10,00 с, «**ТобрывИО1**» = 10,0 с, «**ТобрывИО2**» = 10,0 с.

3.9.4 Ручное опробование

В ДЗШ предусмотрено опробование шин (например, после ремонта) или присоединения от шин.

В шкафах защиты шин ШЭ2607 061 обеспечена возможность ручного опробования:

- от шиносоединительного выключателя ШСВ (Q7);
- от четырех линий.

При ручном опробовании обеспечивается действие на отключение выключателя, которым производится опробование. При этом предусмотрено запоминание этого режима на время от 0,05 до 0,6 с.

3.9.4.1 Расчет тока срабатывания реле тока

В шкафу защиты диапазон регулирования тока срабатывания реле тока $I_{\text{ср.опр}}$ находится от 0,1 до 1,0 $I_{\text{БАЗ}}$.

Ток срабатывания реле тока на опробование в шкафах защиты шин ШЭ2607 061 обозначается «**Иср. РТ1**» для РТ1, «**Иср. РТ2**» для РТ2, «**Иср. РТ3**» для РТ3.

Принимаем ток срабатывания равному значению по умолчанию «**Иср. РТ1**» = 0,20, «**Иср. РТ2**» = 0,20, «**Иср. РТ3**» = 0,20.

3.9.5 Выбор времени запоминания команды опробования

Время запоминания команды опробования (для шкафов защиты шин ШЭ2607 061) выбирается с учетом времени включения опробуемого выключателя, времени действия ДЗШ, времени отключения выключателя и времени запаса.

Выдержка времени запоминания команды опробования в шкафах защиты шин ШЭ2607 061 обозначается «**ТзапОпроб**» и регулируется в диапазоне от 0,05 до 0,60 с.

Принимаем рекомендуемое значение выдержки времени «**ТзапОпроб**» = 0,5 с.

3.9.5.1 Выбор времени задержки отключения при опробовании присоединения

Время задержки отключения при опробовании присоединения (для шкафа защиты шин ШЭ2607 061) выбирается из условия обеспечения запрета срабатывания ДЗШ при опробовании присоединения, когда возможно отключение системы шин от которой производится опробование:

$$t_{\text{зад.откл}} = K_{\text{зап}} \cdot (t_{\text{ДЗШ}} + t_{\text{вых}} + t_{\text{выкл}}) = 1,5 \cdot (0,03 + 0,01 + 0,2) = 0,36,$$

где $K_{\text{зап}} = 1,5$ – коэффициент запаса;

$t_{\text{ДЗШ}} = 0,03$ с – максимальное время срабатывания реле ДЗШ;

$t_{\text{вых}} = 0,01$ с – максимальное время срабатывания выходного реле;

$t_{\text{выкл}} = 0,2$ с – максимальное время отключения высоковольтного выключателя.

Время задержки отключения при опробовании присоединения должно принадлежать диапазону от 0,05 до 0,60 секунд для шкафа ШЭ2607 061.

Время задержки отключения при опробовании в шкафах защиты шин ШЭ2607 061 обозначается «**ТзадОтключ**». Принимаем рекомендованное значение «**ТзадОтключ**» = 0,60 с.

3.9.5.2 Выбор времени задержки останова ВЧ-передатчика

Время задержки останова ВЧ-передатчика (для шкафа защиты шин ШЭ2607 061) – выбирается с учетом времени отключения опробуемого выключателя и времени запаса. Время задержки останова ВЧ-передатчика обозначается «Т_{задОстанВЧ}» и регулируется в диапазоне от 0,05 до 0,60 с.

Принимаем рекомендуемое значение времени «Т_{задОстанВЧ}» = 0,1 с.

Приложение А

Перечень параметров срабатывания, предназначенных для задания в терминале защиты и рассмотренных в данных методических указаниях

Таблица А1 – Перечень параметров срабатывания шкафа защиты ШЭ2607 041, предназначенных для задания в терминале защиты и рассмотренных в данных методических указаниях

Название защиты	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
Общая логика				
Сторона ВН (ВН1)	нет/есть	–	есть	Сторона ВН (ВН1 – для схемы с мостиком)
Сторона СН, (ВН2)	нет/есть	–	есть	Сторона СН (ВН2 – для схемы с мостиком)
Сторона НН1	нет/есть	–	есть	Сторона НН1
Сторона НН2	нет/есть	–	есть	Сторона НН2
Схема ВН1(2)/НН	Y/Y (D/D) Y/D	–	Y/Y (D/D)	Схема соединения трансформатора ВН1(2)/НН
Схема СН/НН	Y/Y (D/D) Y/D	–	Y/Y (D/D)	Схема соединения трансформатора СН/НН (отсутствует в схеме с мостиком)
Ибаз.ВН (Ибаз.ВН1)	0,251 – 16,000	А	1,001	Базисный ток стороны ВН (ВН1 – для схемы с мостиком)
Ибаз.СН (Ибаз.ВН2)	0,251 – 16,000	А	1,001	Базисный ток стороны СН (ВН2 – для схемы с мостиком)
Ибаз.НН1	0,251 – 16,000	А	1,001	Базисный ток стороны НН1
Ибаз.НН2	0,251 – 16,000	А	0,500	Базисный ток стороны НН2
Время подхв.	0,05 – 0,60	с	0,05	Время подхвата срабатывания защит
ДЗТ				
Иср ДЗТ	0,20 – 1,00	о.е.	1,00	Ток срабатывания ДЗТ
It0 ДЗТ	0,60 – 1,00	о.е.	1,00	Ток начала торможения ДЗТ
It max ДЗТ	1,2 – 3,0	о.е.	1,5	Ток торможения блокировки ДЗТ
Kт ДЗТ	0,2 – 0,7	о.е.	0,7	Коэффициент торможения ДЗТ
Кбл по 2гар	0,08 – 0,15	о.е.	0,10	Уровень блокировки по 2-й гармонике
Диф.отсеч.	6,5 – 12,0	о.е.	6,5	Ток срабатывания дифференциальной отсечки
УРОВ ВН				
Иср УРОВ ВН (ВН1)	0,04 – 2,00	А	2,00	Ток срабатывания реле тока УРОВ ВН (ВН1 – для схемы с мостиком)
Тсраб. УРОВ	0,10 – 0,60	с	0,6	Время срабатывания УРОВ ВН
Т УРОВ на	0,01 – 0,60	с	0,6	Время срабатывания УРОВ

Название защиты	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
себя				ВН на себя
УРОВ на себя	не предусмотрено / предусмотрено	–	не предусмотрено	Действие УРОВ «на себя»
Подт. УРОВ-КQC	не предусмотрено / предусмотрено	–	предусмотрено	Подтверждение пуска УРОВ от сигнала КQC
ТЗНП				
Иср ТЗНП ВН	0,05 – 100,00	А	30,00	Ток срабатывания ТЗНП ВН
Т ТЗНП ВН	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания ТЗНП на отключение ВН
Т ТЗНП ШСВ	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания ТЗНП на отключение ШСВ ВН и СВ ВН
Т ТЗНПоткТр	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания ТЗНП на отключение трансформатора
Т ТЗНП Т2	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания ТЗНП в защиту Т2 (Т1)
ЗП				
Иср. ЗП ВН	0,10 – 100,00	А	10,00	Ток срабатывания ЗП на стороне ВН
Иср. ЗП СН	0,10 – 100,00	А	10,00	Ток срабатывания ЗП на стороне СН (отсутствует в схеме с мостиком)
Иср. ЗП НН1	0,10 – 100,00	А	10,00	Ток срабатывания ЗП на стороне НН1
Иср. ЗП НН2	0,10 – 100,00	А	10,00	Ток срабатывания ЗП на стороне НН2
Т ЗП	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания ЗП
Автоматика охлаждения				
Иср.охл.ВН	0,10 – 100,00	А	10,00	Ток срабатывания пуска автоматики охлаждения на стороне ВН
Иср.охл.СН	0,10 – 100,00	А	10,00	Ток срабатывания пуска автоматики охлаждения на стороне СН (отсутствует в схеме с мостиком)
Иср.охл.НН1	0,10 – 100,00	А	10,00	Ток срабатывания пуска автоматики охлаждения на стороне НН1
Иср.охл.НН2	0,10 – 100,00	А	10,00	Ток срабатывания пуска автоматики охлаждения на стороне НН2
Блокировка РПН				
Ивн БлокРПН	0,10 – 100,00	А	10,0	Ток срабатывания блокировки

Название защиты	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
				РПН по току ВН
Усн БлокРПН	80,0 – 100,0	В	85,0	Напряжение срабатывания блокировки РПН по напряжению СН
Унн1 БлокРПН	80,0 – 100,0	В	85,0	Напряжение срабатывания блокировки РПН по напряжению НН1
Унн2 БлокРПН	80,0 – 100,0	В	85,0	Напряжение срабатывания блокировки РПН по напряжению НН2
Блок РПН-Усн	не предусмотрена / предусмотрена	–	предусмотрена	Блокировка РПН по напряжению СН
Блок.РПН-Унн1	не предусмотрена / предусмотрена	–	предусмотрена	Блокировка РПН от напряжения НН1
Блок.РПН-Унн2	не предусмотрена / предусмотрена	–	предусмотрена	Блокировка РПН от напряжения НН2
МТЗ ВН				
Иср МТЗ ВН	0,10 – 100,00	А	100,00	Ток срабатывания МТЗ ВН
Т МТЗ ВН	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания МТЗ ВН
Т МТЗ ВН уск	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания МТЗ ВН с ускорением
Пуск МТЗ ВН	не предусмотрен / предусмотрен	–	предусмотрен	Пуск МТЗ ВН
ПкМТЗВНвыв НН1	не предусмотрен / предусмотрен	–	не предусмотрен	Пуск МТЗ ВН при выводе МТЗ НН1
ПкМТЗВНвыв НН2	не предусмотрен / предусмотрен	–	не предусмотрен	Пуск МТЗ ВН при выводе МТЗ НН2
Уск. МТЗ ВН	не предусмотрено / предусмотрено	–	не предусмотрено	Ускорение МТЗ ВН при отключении СВ1(2) НН
МТЗ СН (отсутствует в схеме с мостиком)				
Иср МТЗ СН	0,10 – 100,00	А	100,00	Ток срабатывания МТЗ СН
У сн. Мин	0,1 – 100,0	В	80,0	Напряжение срабатывания минимального реле пуска по напряжению СН
U2 СН	6,0 – 24,0	В	80,0	Напряжение срабатывания реле обратной последовательности СН

Название защиты	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
УголМаксЧув	30 – 85	град	70	Угол максимальной чувствительности РНМ
T МТЗ СН Q3	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания МТЗ СН на отключение выключателя Q3
T МТЗ СН тр-р	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания МТЗ СН на отключение трансформатора
T МТЗ СН СВ	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания МТЗ СН на отключение СВ
T МТЗ СНуск.Q3	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания МТЗ СН с ускорением на отключение выключателя Q3
ТввдУскМТЗСН	0,05 – 27,00	с	0,05	Время ввода ускорения МТЗ СН
Напр-тьМТЗ СН	не предусмотрена / предусмотрена	–	не предусмотрена	Направленность МТЗ СН
Напр-ть РНМ	к шинам / в трансформатор	–	–	Направленность РНМ
Пуск МТЗ СН	не предусмотрен / предусмотрен	–	предусмотрен	Пуск МТЗ СН
МТЗ НН1				
IсрМТЗНН1-1ст	0,10 – 100,00	А	10,00	Ток срабатывания первой ступени МТЗ НН1
IсрМТЗНН1-2ст	0,10 – 100,00	А	10,00	Ток срабатывания второй ступени МТЗ НН1
Uнн1 мин	10,0 – 100,0	В	80,0	Напряжение срабатывания минимального реле пуска по напряжению НН1
U2 НН1	6,0 – 24,0	В	6,0	Напряжение срабатывания реле обратной последовательности НН1
T МТЗ НН1-1ст	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания первой ступени МТЗ НН1
T МТЗ НН1-2ст	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания второй ступени МТЗ НН1
T МТЗ НН1 Тр	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания МТЗ НН1 на отключение трансформатора
T МТЗ НН1уск	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания МТЗ НН1 с ускорением
ТввдУскМТЗНН1	0,05 – 27,00	с	0,05	Время ввода ускорения МТЗ НН1

Название защиты	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
Пуск МТЗ НН1	не предусмотрен/ предусмотрен	–	предусмотрен	Пуск МТЗ НН1
МТЗ НН2				
I _{ср} МТЗНН2-1ст	0,10 – 100,00	А	10,00	Ток срабатывания первой ступени МТЗ
I _{ср} МТЗНН2-2ст	0,10 – 100,00	А	10,00	Ток срабатывания второй ступени МТЗ НН2
U _{нн2} мин	10,0 – 100,0	В	80,0	Напряжение срабатывания минимального реле пуска по напряжению НН2
U ₂ НН2	6,0 – 24,0	В	6,0	Напряжение срабатывания реле обратной последовательности НН2
T МТЗ НН2-1ст	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания первой ступени МТЗ НН2
T МТЗ НН2-2ст	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания второй ступени МТЗ НН2
T МТЗ НН2 Тр	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания МТЗ НН2 на отключение трансформатора
T МТЗ НН2уск	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания МТЗ НН2 с ускорением
T _{ввд} УскМТЗНН2	0,05 – 27,00	с	0,05	Время ввода ускорения МТЗ НН2
Пуск МТЗ НН2	не предусмотрен/ предусмотрен	–	предусмотрен	Пуск МТЗ НН2
ЛЗШ				
T ЛЗШ НН1	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания ЛЗШ НН1
T ЛЗШ НН2	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания ЛЗШ НН2
T _{неиспр} ЛЗШ	0,05 – 27,00	с	27,00	Время сигнализации неисправности ЛЗШ
ЛЗШ НН1	не предусмотрена / предусмотрена	–	не предусмотрена	ЛЗШ НН1
ЛЗШНН1 на отк. Q1	с АПВ/ без АПВ	–	с АПВ	Действие ЛЗШ НН1 на отключение выключателя Q1
ЛЗШ НН2	не предусмотрена / предусмотрена	–	не предусмотрена	ЛЗШ НН2
ЛЗШНН2 на отк. Q4	с АПВ/ без АПВ	–	с АПВ	Действие ЛЗШ НН2 на отключение выключателя Q4

Название защиты	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
Газовые защиты				
ПерГЗТсигН Аотк	не предусмотрен/ предусмотрен	–	не предусмотре н	Перевод сигнала газовой защиты трансформатора на отключение

Таблица А2 – Перечень параметров срабатывания первого комплекта шкафа защиты ШЭ2607 041073, предназначенных для задания в терминале защиты и рассмотренных в данных методических указаниях

Название защиты	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
Общая логика				
Ібаз ВН	0,251 – 16,000	А	1,001	Базисный ток стороны ВН
Ібаз СН	0,251 – 16,000	А	1,001	Базисный ток стороны СН
Ібаз НН1	0,251 – 16,000	А	1,001	Базисный ток стороны НН1
Ібаз НН2	0,251 – 16,000	А	1,001	Базисный ток стороны НН2
Схема ВН/НН	Y/Y (D/D) Y/D	–	Y/Y (D/D)	Схема соединения трансформатора ВН/НН
Схема СН/НН	Y/Y (D/D) Y/D	–	Y/Y (D/D)	Схема соединения трансформатора СН/НН
Сторона ВН	нет/есть	–	есть	Сторона ВН
Сторона СН	нет/есть	–	есть	Сторона СН
Сторона НН1	нет/есть	–	есть	Сторона НН1
Сторона НН2	нет/есть	–	есть	Сторона НН2
Время подхв.	0,05 – 0,60	с	0,05	Время подхвата срабатывания защит
ДЗТ				
Іср ДЗТ	0,20 – 1,00	о.е.	1,00	Ток срабатывания ДЗТ
Іт0 ДЗТ	0,60 – 1,00	о.е.	1,00	Ток начала торможения ДЗТ
Іт мах ДЗТ	1,2 – 3,0	о.е.	1,2	Ток торможения блокировки ДЗТ
Кт ДЗТ	0,2 – 0,7	о.е.	0,5	Коэффициент торможения ДЗТ
Кбл по 2гар	0,08 – 0,15	о.е.	0,10	Уровень блокировки по 2-й гармонике
Диф.отсеч.	6,5 – 12,0	о.е.	6,5	Ток срабатывания дифференциальной отсечки
УРОВ ВН				
Іср УРОВ ВН	0,04 – 2,00	А	2,00	Ток срабатывания реле тока УРОВ ВН
Тсраб. УРОВ	0,10 – 0,60	с	0,60	Время срабатывания УРОВ ВН
Т УРОВ на себя	0,01 – 0,60	с	0,01	Время срабатывания УРОВ ВН на себя
Подт.УРОВ-КQC	не предусмотрено /	–	предусмотрено	Подтверждение пуска УРОВ от сигнала КQC

Название защиты	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
	предусмотрено			
УРОВ на себя	не предусмотрено / предусмотрено	–	не предусмотрено	Действие УРОВ «на себя»
ТЗНП				
I _{ср} ТЗНП ВН	0,05 – 100,00	А	100,00	Ток срабатывания ТЗНП
Т ТЗНП ВН	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания ТЗНП на отключение ВН
Т ТЗНП ШСВ-СВ	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания ТЗНП на отключение ШСВ и СВ
Т ТЗНП без АПВ	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания ТЗНП на отключение ВН с запретом АПВ
Т ТЗНП_Т2	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания ТЗНП в защиту Т2 (Т1)
ЗП				
I _{ср} . ЗП ВН	0,10 – 100,00	А	100,00	Ток срабатывания ЗП на стороне ВН
I _{ср} . ЗП СН	0,10 – 100,00	А	100,00	Ток срабатывания ЗП на стороне СН
I _{ср} . ЗП НН1	0,10 – 100,00	А	100,00	Ток срабатывания ЗП на стороне НН1
I _{ср} . ЗП НН2	0,10 – 100,00	А	100,00	Ток срабатывания ЗП на стороне НН2
Т ЗП	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания ЗП
Автоматика охлаждения				
I _{ср} .охл.ВН	0,10 – 100,00	А	100,00	Ток срабатывания пуска автоматики охлаждения ВН
I _{ср} .охл.СН	0,10 – 100,00	А	100,00	Ток срабатывания пуска автоматики охлаждения на стороне СН
I _{ср} .охл.НН1	0,10 – 100,00	А	100,00	Ток срабатывания пуска автоматики охлаждения на стороне НН1
I _{ср} .охл.НН2	0,10 – 100,00	А	100,00	Ток срабатывания пуска автоматики охлаждения на стороне НН2
Блокировка РПН				
I _{вн} БлокРПН	0,10 – 100,00	А	100,00	Ток срабатывания блокировки РПН по току ВН
U _{сн} БлокРПН	80,0 – 100,0	В	85,0	Напряжение срабатывания блокировки РПН на стороне СН
U _{нн1} БлокРПН	80,0 – 100,0	В	85,0	Напряжение срабатывания блокировки РПН на стороне НН1

Название защиты	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
U _{нн2} БлокРПН	80,0 – 100,0	В	85,0	Напряжение срабатывания блокировки РПН на стороне НН2
Блок.РПН-Усн	не предусмотрена / предусмотрена	В	Предусмотрена	Блокировка РПН по напряжению СН
Блок.РПН-У _{нн1}	не предусмотрена / предусмотрена	В	предусмотрена	Блокировка РПН от напряжения НН1
Блок.РПН-У _{нн2}	не предусмотрена / предусмотрена	В	предусмотрена	Блокировка РПН от напряжения НН2
МТЗ ВН				
I _{ср} МТЗ ВН	0,10 – 100,00	А	100,00	Ток срабатывания МТЗ ВН
T МТЗ ВН	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания МТЗ ВН
T МТЗ ВН уск	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания МТЗ ВН с ускорением
Пуск МТЗ ВН	не предусмотрен / предусмотрен	–	предусмотрен	Пуск МТЗ ВН
ПкМТЗВН _{выв} НН1	не предусмотрен / предусмотрен	–	не предусмотрен	Пуск МТЗ ВН при выводе МТЗ НН1
ПкМТЗВН _{выв} НН2	не предусмотрен / предусмотрен	–	не предусмотрен	Пуск МТЗ ВН при выводе МТЗ НН2
Уск. МТЗ ВН	не предусмотрено / предусмотрено	–	не предусмотрено	Ускорение МТЗ ВН при отключении СВ1(2) НН
МТЗ СН				
I _{ср} МТЗ СН	0,10 – 100,00	А	100,00	Ток срабатывания МТЗ СН
U сн. Мин	10,0 – 100,0	В	100,0	Напряжение срабатывания минимального реле пуска по напряжению СН
U2 СН	6,0 – 24,0	В	6,0	Напряжение срабатывания реле обратной последовательности СН
УголМаксЧув	30 – 85	град	30	Угол максимальной чувствительности РНМ
T МТЗ СН Q3	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания МТЗ СН на отключение выключателя Q3

Название защиты	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
Т МТЗ СН тр-р	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания МТЗ СН на отключение трансформатора
Т МТЗ СН СВ	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания МТЗ СН на отключение СВ
Т МТЗ СН _{уск.Q3}	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания МТЗ СН с ускорением на отключение выключателя Q3
ТввдУскМТЗСН	0,05 – 27,00	с	0,05	Время ввода ускорения МТЗ СН
Напр-ть МТЗ СН	не предусмотрена / предусмотрена	–	не предусмотрена	Направленность МТЗ СН
Напр-ть РНМ	к шинам / в трансформатор	–		Направленность РНМ
Пуск МТЗ СН	не предусмотрен / предусмотрен	–	предусмотрен	Пуск МТЗ СН
МТЗ НН1				
ИсрМТЗНН1-1ст	0,10 – 100,00	А	10,00	Ток срабатывания первой ступени МТЗ НН1
ИсрМТЗНН1-2ст	0,10 – 100,00	А	10,00	Ток срабатывания второй ступени МТЗ НН1
U _{нн1 мин}	10,0 – 100,0	В	80,0	Напряжение срабатывания минимального реле пуска по напряжению НН1
U _{2 НН1}	6,0 – 24,0	В	6,0	Напряжение срабатывания реле обратной последовательности НН1
Т МТЗ НН1-1ст	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания первой ступени МТЗ НН1
Т МТЗ НН1-2ст	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания второй ступени МТЗ НН1
Т МТЗ НН1 Тр	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания МТЗ НН1 на отключение трансформатора
Т МТЗ НН1 _{уск}	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания МТЗ НН1 с ускорением
ТввдУскМТЗНН1	0,05 – 27,00	с	0,05	Время ввода ускорения МТЗ НН1
Пуск МТЗ НН1	не предусмотрен / предусмотрен	–	предусмотрен	Пуск МТЗ НН1

Название защиты	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
МТЗ НН2				
I _{ср} МТЗНН2-1ст	0,10 – 100,00	А	10,00	Ток срабатывания первой ступени МТЗ
I _{ср} МТЗНН2-2ст	0,10 – 100,00	А	10,00	Ток срабатывания второй ступени МТЗ НН2
U _{нн2} мин	10,0 – 100,0	В	80,0	Напряжение срабатывания минимального реле пуска по напряжению НН2
U ₂ НН2	6,0 – 24,0	В	6,0	Напряжение срабатывания реле обратной последовательности НН2
T МТЗ НН2-1ст	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания первой ступени МТЗ НН2
T МТЗ НН2-2ст	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания второй ступени МТЗ НН2
T МТЗ НН2 Тр	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания МТЗ НН2 на отключение трансформатора
T МТЗ НН2уск	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания МТЗ НН2 с ускорением
T _{ввд} УскМТЗНН2	0,05 – 27,00	с	0,05	Время ввода ускорения МТЗ НН2
Пуск МТЗ НН2	не предусмотрен/ предусмотрен	–	предусмотрен	Пуск МТЗ НН2
ЛЗШ				
T ЛЗШ НН1	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания ЛЗШ НН1
T ЛЗШ НН2	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания ЛЗШ НН2
T _{неиспр} ЛЗШ	0,05 – 27,00	с	27,00	Время сигнализации неисправности ЛЗШ
ЛЗШ НН1	не предусмотрена / предусмотрена	–	не предусмотрена	ЛЗШ НН1
ЛЗШНН1 на отк. Q1	с АПВ/ без АПВ	–	с АПВ	Действие ЛЗШ НН1 на отключение выключателя Q1
ЛЗШ НН2	не предусмотрена / предусмотрена	–	не предусмотрена	ЛЗШ НН2
ЛЗШНН2 на отк. Q4	с АПВ/ без АПВ	–	с АПВ	Действие ЛЗШ НН2 на отключение выключателя Q4

Название защиты	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
Газовые защиты				
ПерГЗТсигН Аотк	не предусмотрен/ предусмотрен	–	не предусмотре н	Перевод сигнала газовой защиты трансформатора на отключение

Таблица А3 – Перечень параметров срабатывания второго комплекта шкафа защиты ШЭ2607 041073

Название защиты	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
УРОВ, АПВ и АУВ				
Иср РТ УРОВ	0,04 – 0,40	А	0,04	Ток срабатывания реле тока УРОВ
Иср РТ ЗНФР	0,05 – 30,00	А	1,00	Ток срабатывания реле тока ЗНФР
Время ср.УРОВ	0,10 – 0,60	с	0,10	Задержка на срабатывание УРОВ
Время АПВ	0,25 – 16,00	с	2,00	Время цикла АПВ
ВремяПодгАПВ	15 – 120	с	15	Время подготовки АПВ
ВремяЗащЭМ О1, ЭМВ	1,0 – 2,0	с	1,0	Задержка на срабатывание защиты ЭМО1 и ЭМВ
Время защит ЭМО2	1,0 – 2,0	с	1,0	Задержка на срабатывание защиты ЭМО2
Время ср. ЗНФ	0,10 – 0,20	с	0,10	Задержка на срабатывание ЗНФ
Время ср. ЗНФР	0,25 – 0,80	с	0,25	Задержка на срабатывание ЗНФР
ПодтУРОВотК QC	не предусмотрено / предусмотрено	–	не предусмотре но	Подтверждение пуска УРОВ от КQC
УРОВ "на себя"	не предусмотрено / предусмотрено	–	предусмотре но	Действие УРОВ «на себя»
Второй ЭМО	не предусмотрено / предусмотрено	–	не предусмотре н	Второй электромагнит отключения
ОтклЭМотБло кир	не предусмотрено / предусмотрено	–	не предусмотре но	Обесточивание ЭМ при приеме «Блокировка вкл. и откл.»
Откл. В. от ТТ	не предусмотрено / предусмотрено	–	не предусмотре но	Отключение В. от «Аварийное давл. эл.в ТТ»

Название защиты	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
УРОВ от ЗНФ	не предусмотрено / предусмотрено	–	не предусмотрено	Пуск УРОВ при действии ЗНФ
Привод выкл.ЛЯ	трехфазный/ пофазный	–	трехфазный	Привод выключателя
КтрСигАПВот ДТЭМВ	не предусмотрено / предусмотрено	–	не предусмотрено	Контроль сигн АПВ от датчика тока ЭМВ
МТЗ				
Иср РТ I ст.	0,05 – 30,00	А	25,00	Ток срабатывания I ст. МТЗ
Иср РТ II ст.	0,05 – 30,00	А	7,50	Ток срабатывания II ст. МТЗ
Уср РМН НН1	0,00-100,00	В	70,0	Напряжение срабатывания реле минимального напряжения НН1
Уср U2 НН1	6,0 – 24,0	В	6,0	Напряжение срабатывания реле напряжения обратной последовательности НН1
Уср РМН НН2	0,00-100,00	В	70,00	Напряжение срабатывания реле минимального напряжения НН2
Уср U2 НН2	6,0 – 24,0	В	6,0	Напряжение срабатывания реле напряжения обратной последовательности НН2
тср I ст.	0,01 – 27,00	с	0,10	Задержка на срабатывание I ст.
тсрII ст.	0,05 – 27,00	с	1,00	Задержка на срабатывание II ст.
тук при вкл.В	0,05 – 5,00	с	0,05	Задержка на срабатывание МТЗ при включении выключателя
твв.при вкл.В	0,7 – 2,0	с	0,7	Время ввода ускорения МТЗ при включении выключателя
Уск.при вкл.В	не предусмотрено / предусмотрено	–	не предусмотрено	Ускорение МТЗ при включении выключателя
ИнвКQC НН1	не предусмотрена / предусмотрена	–	не предусмотрена	Инверсия входа КQC НН1
ИнвКQC НН2	не предусмотрена / предусмотрена	–	не предусмотрена	Инверсия входа КQC НН2
ИнвКQC СВ НН	не предусмотрена / предусмотрена	–	не предусмотрена	Инверсия входа КQC СВ НН

Название защиты	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
	предусмотрена			
Пуск МТЗ по U	не предусмотрен/ предусмотрен	–	предусмотрен	Пуск МТЗ по напряжению
Пуск по U _{нн1}	не предусмотрен/ предусмотрен	–	предусмотрен	Пуск МТЗ по напряжению U _{нн1}
Пуск по U _{нн2}	не предусмотрен/ предусмотрен	–	предусмотрен	Пуск МТЗ по напряжению U _{нн2}
ТЗНП				
I _{ср} РТ ТЗНП	0,05 – 30,00	А	25,00	Ток срабатывания I ст. ТЗНП
t _{откл} ТЗНП ШСВ	0,01 – 27,00	с	0,10	Задержка на отключение ШСВ, СВ от ТЗНП
t _{ср} в ТЗНП Т2	0,01 – 27,00	с	0,01	Задержка на срабатывание ТЗНП в защиту Т2(Т1)
t _{откл} ТЗНП выкл	0,01 – 27,00	с	0,50	Задержка на отключение выключателя от ТЗНП
t _{откл} ТЗНП Тр	0,01 – 27,00	с	1,00	Задержка на отключение трансформатора от ТЗНП
t _{уск} при вкл. В	0,05 – 5,00	с	0,05	Задержка на срабатывание ТЗНП при включении выключателя
t _{вв} . при вкл. В	0,7 – 2,0	с	0,7	Время ввода ускорения ТЗНП при включении выключателя
Уск. при вкл. В	предусмотрено /не предусмотрено	–	не предусмотрен	Ускорение действия ТЗНП при включении выключателя
SA4 ТЗНП	работа/ вывод	–	работа	ТЗНП

Таблица А4 – Перечень параметров срабатывания шкафа защиты ШЭ2607 042, предназначенных для задания в терминале защиты и рассмотренных в данных методических указаниях

Название защиты	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
Общая логика				
I _{баз} ВН	0,251 – 16,000	А	1,001	Базисный ток стороны ВН
I _{баз} СН	0,251 – 16,000	А	1,001	Базисный ток стороны СН
I _{баз} НН	0,251 – 16,000	А	1,001	Базисный ток стороны НН
Схема ВН/НН	Y/Y (D/D) Y/D	–	Y/Y (D/D)	Схема соединения трансформатора ВН/НН
Схема СН/НН	Y/Y (D/D) Y/D	–	Y/Y (D/D)	Схема соединения трансформатора СН/НН
Сторона ВН	нет/есть	–	есть	Сторона ВН
Сторона СН	нет/есть	–	есть	Сторона СН
Сторона НН	нет/есть	–	есть	Сторона НН

Название защиты	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
Т вых.цепей	0,05 – 0,60	с	0,05	Время подхвата срабатывания выходных цепей
Т пож.туш.	0,05 – 27,00	с	0,05	Время подхвата срабатывания пуска пожаротушения
Т огр.пож.	0,05 – 27,00	с	0,05	Время ограничения пуска пожаротушения
ДЗТ				
Иср ДЗТ АТ	0,20 – 1,00	о.е.	1,00	Ток срабатывания ДЗТ АТ
It0 ДЗТ АТ	0,60 – 1,00	о.е.	1,00	Ток начала торможения ДЗТ АТ
It max ДЗТ АТ	1,2 – 3,0	о.е.	1,2	Ток торможения блокировки ДЗТ АТ
Kт ДЗТ АТ	0,2 – 0,7	о.е.	0,5	Коэффициент торможения ДЗТ АТ
Кбл по 2гар	0,08 – 0,15	о.е.	0,10	Уровень блокировки по 2-й гармонике
Диф.отсеч.	6,5 – 12,0	о.е.	6,5	Ток срабатывания дифференциальной отсечки
УРОВ ВН				
Иср УРОВ ВН	0,04 – 2,00	А	0,40	Ток срабатывания реле тока УРОВ ВН
Иср УРОВ СН	0,04 – 2,00	А	0,40	Ток срабатывания реле тока УРОВ СН
Тср. УРОВ ВН	0,10 – 0,60	с	0,60	Время срабатывания УРОВ ВН
Тср. УРОВ СН	0,10 – 0,60	с	0,60	Время срабатывания УРОВ СН
Подт.УРОВВН-КQC	не предусмотрено / предусмотрено	–	предусмотрено	Подтверждение пуска УРОВ ВН от сигнала КQC
УРОВ ВН 'на себя'	не предусмотрено / предусмотрено	–	не предусмотрено	Действие УРОВ ВН «на себя»
Подт.УРОВСН-КQC	не предусмотрено / предусмотрено	–	предусмотрено	Подтверждение пуска УРОВ СН от сигнала КQC
УРОВ СН 'на себя'	не предусмотрено / предусмотрено	–	не предусмотрено	Действие УРОВ СН «на себя»
МТЗ НН				
Иср МТЗ НН	0,10 – 100,00	А	30,00	Ток срабатывания МТЗ НН
Мин. Унн	10,0 – 100,0	В	85,0	Напряжение срабатывания минимального реле пуска по

Название защиты	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
				напряжению
U2 НН	6,0 – 24,0	В	10,0	Напряжение срабатывания реле обратной последовательности НН
МТЗ НН 1ст.	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания первой ступени МТЗ НН1
МТЗ НН 2ст.	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания второй ступени МТЗ НН1
ПкПоU МТЗ НН	предусмотрен / не предусмотрен	–	предусмотрен	Пуск МТЗ НН
ЛЗШ				
ЛЗШ НН	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания логической защиты шин НН
ЗП				
ЗП ВН	0,10 – 100,00	А	30,00	Ток срабатывания ЗП на стороне ВН
ЗП нейтр.	0,10 – 100,00	А	30,00	Ток срабатывания ЗП на стороне нейтрали
ЗП НН	0,10 – 100,00	А	30,00	Ток срабатывания ЗП на стороне НН
Тср ЗП	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания ЗП
Автоматика Охл.				
ИсрОхл.ВН-1	0,10-100,00	А	3,00	Ток срабатывания 1 ступени автоматике охлаждения ВН
ИсрОхл.Ней-1	0,10-100,00	А	3,00	Ток срабатывания 1 ступени автоматике охлаждения нейтрали;
ИсрОхл.НН-1	0,10-100,00	А	3,00	Ток срабатывания 1 ступени автоматике охлаждения НН
ИсрОхл.ВН-2	0,10-100,00	А	4,00	Ток срабатывания 2 ступени автоматике охлаждения ВН
ИсрОхл.Ней-2	0,10-100,00	А	4,00	Ток срабатывания 2 ступени автоматике охлаждения нейтрали
ИсрОхл.НН-2	0,10-100,00	А	4,00	Ток срабатывания 2 ступени автоматике охлаждения НН
Блокировка РПН				
БлокРПН Исн	0,10 – 100,00	А	10,00	Ток срабатывания блокировки РПН по току СН
Контроль Изоляции НН				
ЗУо НН	10,0 – 100,0	В	100,0	Напряжение срабатывания реле контроля изоляции НН
'Земля' НН	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания контроля изоляции НН

Таблица А5 – Перечень параметров срабатывания первого комплекта шкафа защиты ШЭ2607 042043, предназначенных для задания в терминале защиты и рассмотренных в данных методических указаниях

Название защиты	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
Общая логика				
Ибаз ВН	0,251 – 16,000	А	1,001	Базисный ток стороны ВН
Ибаз СН	0,251 – 16,000	А	1,001	Базисный ток стороны СН
Ибаз НН	0,251 – 16,000	А	1,001	Базисный ток стороны НН
Схема ВН/НН	Y/Y (D/D) Y/D	–	Y/Y (D/D)	Схема соединения трансформатора ВН/НН
Схема СН/НН	Y/Y (D/D) Y/D	–	Y/Y (D/D)	Схема соединения трансформатора СН/НН
Сторона ВН	нет/есть	–	есть	Сторона ВН
Сторона СН	нет/есть	–	есть	Сторона СН
Сторона НН	нет/есть	–	есть	Сторона НН
Сторона ННЗ	нет/есть	–	есть	Сторона ННЗ
Т вых.цепей	0,05 – 0,60	с	0,05	Время подхвата срабатывания выходных цепей
Т пож.туш.	0,05 – 27,00	с	0,05	Время подхвата срабатывания пуска пожаротушения
Т огр.пож.	0,05 – 27,00	с	0,05	Время ограничения пуска пожаротушения
ДЗТ				
Иср ДЗТ АТ	0,20 – 1,00	о.е.	1,00	Ток срабатывания ДЗТ АТ
It0 ДЗТ АТ	0,60 – 1,00	о.е.	1,00	Ток начала торможения ДЗТ АТ
It max ДЗТ АТ	1,2 – 3,0	о.е.	1,2	Ток торможения блокировки ДЗТ АТ
Kт ДЗТ АТ	0,2 – 0,7	о.е.	0,5	Коэффициент торможения ДЗТ АТ
Кбл по 2гар	0,08 – 0,15	о.е.	0,10	Уровень блокировки по 2-й гармонике
Диф.отсеч.	6,5 – 12,0	о.е.	6,5	Ток срабатывания дифференциальной отсечки
УРОВ ВН и СН				
Иср УРОВ ВН	0,04 – 2,00	А	0,40	Ток срабатывания реле тока УРОВ ВН
Иср УРОВ СН	0,04 – 2,00	А	0,40	Ток срабатывания реле тока УРОВ СН
Тср. УРОВ ВН	0,10 – 0,60	с	0,60	Время срабатывания УРОВ ВН
УРОВ ВНна себя	0,01 – 0,60	с	0,01	Время срабатывания УРОВ ВН «на себя»
Тср. УРОВ СН	0,10 – 0,60	с	0,60	Время срабатывания УРОВ СН
УРОВ СНна себя	0,01 – 0,60	с	0,01	Время срабатывания УРОВ СН «на себя»
Подт.УРОВВН	не	–	предусмотре	Подтверждение пуска УРОВ

Название защиты	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
-КQC	предусмотрено / предусмотрено		но	ВН от сигнала КQC
УРОВ ВН 'на себя'	не предусмотрено / предусмотрено	–	не предусмотрено	Действие УРОВ ВН «на себя»
Подт. УРОВСН -КQC	не предусмотрено / предусмотрено	–	предусмотрено	Подтверждение пуска УРОВ СН от сигнала КQC
УРОВ СН 'на себя'	не предусмотрено / предусмотрено	–	не предусмотрено	Действие УРОВ СН «на себя»
МТЗ НН				
Иср МТЗ НН	0,10 – 100,00	А	30,00	Ток срабатывания МТЗ НН
Мин. Унн	10,0 – 100,0	В	85,0	Напряжение срабатывания минимального реле пуска по напряжению
U2 НН	6,0 – 24,0	В	10,0	Напряжение срабатывания реле обратной последовательности НН
МТЗ НН 1ст.	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания первой ступени МТЗ НН
МТЗ НН 2ст.	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания второй ступени МТЗ НН
ПкПоУ МТЗ НН	предусмотрен / не предусмотрен	–	предусмотрен	Пуск МТЗ НН
ЛЗ НН				
Тср ЛЗ НН	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания логической защиты НН
ЗП				
ЗП ВН	0,10 – 100,00	А	30,00	Ток срабатывания ЗП на стороне ВН
ЗП нейтр.	0,10 – 100,00	А	30,00	Ток срабатывания ЗП на стороне нейтрали
ЗП НН	0,10 – 100,00	А	30,00	Ток срабатывания ЗП на стороне НН
Тср ЗП	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания ЗП
Автоматика Охлаждения				
ИсрОхл.ВН-1	0,10 – 100,00	А	3,00	Ток срабатывания 1 ступени автоматика охлаждения ВН
ИсрОхл.Ней-1	0,10 – 100,00	А	3,00	Ток срабатывания 1 ступени автоматика охлаждения нейтрали;

Название защиты	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
ИсрОхл.НН-1	0,10 – 100,00	А	3,00	Ток срабатывания 1 ступени автоматики охлаждения НН
ИсрОхл.ВН-2	0,10 – 100,00	А	4,00	Ток срабатывания 2 ступени автоматики охлаждения ВН
ИсрОхл.Ней-2	0,10 – 100,00	А	4,00	Ток срабатывания 2 ступени автоматики охлаждения нейтрали
ИсрОхл.НН-2	0,10 – 100,00	А	4,00	Ток срабатывания 2 ступени автоматики охлаждения НН
Блокировка РПН				
БлокРПН Исн	0,10 – 100,00	А	3,00	Ток срабатывания блокировки РПН по току СН
Контроль Изоляции НН				
ЗУо НН	10,0 – 100,0	В	10,0	Напряжение срабатывания реле контроля изоляции НН
'Земля' НН	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания контроля изоляции НН

Таблица А6 – Перечень параметров срабатывания второго комплекта шкафа защиты ШЭ2607 042043, предназначенных для задания в терминале защиты и рассмотренных в данных методических указаниях

Название защиты	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
Общая логика				
Ибаз НН	0,251 – 16,000	А	1,001	Базисный ток стороны НН
Ибаз НН1	0,251 – 16,000	А	1,001	Базисный ток стороны НН1
Ибаз НН3	0,251 – 16,000	А	1,001	Базисный ток стороны НН3
Схема НН/НН3	Y/Y (D/D) Y/D	–	Y/Y (D/D)	Схема соединения трансформатора НН/НН3
Схема НН1/НН3	Y/Y (D/D) Y/D	–	Y/Y (D/D)	Схема соединения трансформатора НН1/НН3
Сторона НН	нет/есть	–	есть	Сторона НН
Сторона НН1	нет/есть	–	есть	Сторона НН1
Сторона НН3	нет/есть	–	есть	Сторона НН3
Т вых.цепей	0,05 – 0,60	с	0,05	Время подхвата срабатывания выходных цепей
ДЗО НН				
Иср ДЗО НН	0,20 – 1,00	о.е.	1,00	Ток срабатывания ДЗО НН
It0 ДЗО НН	0,60 – 1,00	о.е.	1,00	Ток начала торможения ДЗО НН
It max ДЗО НН	1,2 – 3,0	о.е.	1,2	Ток торможения блокировки ДЗО НН
Kт ДЗО НН	0,2 – 0,7	о.е.	0,5	Коэффициент торможения ДЗО НН
Кбл по 2гар	0,08 – 0,15	о.е.	0,10	Уровень блокировки по 2-й гармонике

Название защиты	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
Диф.отсеч.	6,5 – 12,0	о.е.	6,5	Ток срабатывания дифференциальной отсечки
МТЗ НН1				
1ст МТЗ НН1	0,10 – 100,00	А	30,00	Ток срабатывания 1-й ступени МТЗ НН1
2ст МТЗ НН1	0,10 – 100,00	А	30,00	Ток срабатывания 2-й ступени МТЗ НН1
Мин. У _{нн1}	10,0 – 100,0	В	85,0	Напряжение срабатывания минимального реле пуска по напряжению НН1
U ₂ НН1	6,0 – 24,0	В	10,0	Напряжение срабатывания реле обратной последовательности НН1
МТЗ НН 1отклСВ	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания МТЗ НН1 при отключенном СВ
МТЗ НН 1вклСВ	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания МТЗ НН1 при включенном СВ
МТЗ НН 1ускор	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания МТЗ НН1 с ускорением
Туск МТЗ НН1	0,05 – 27,00	с	27,00	Время ввода ускорения МТЗ НН1
МТЗ НН 1отклQ2	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания МТЗ НН1 на отключение Q2
МТЗ НН3				
1ст МТЗ НН3	0,10 – 100,00	А	30,00	Ток срабатывания 1-й ступени МТЗ НН3
2ст МТЗ НН3	0,10 – 100,00	А	30,00	Ток срабатывания 2-й ступени МТЗ НН3
Мин. У _{нн3}	10,0 – 100,0	В	85,0	Напряжение срабатывания минимального реле пуска по напряжению НН3
U ₂ НН3	6,0 – 24,0	В	10,0	Напряжение срабатывания реле обратной последовательности НН3
МТЗ НН 3отклСВ	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания МТЗ НН3 при отключенном СВ
МТЗ НН 3вклСВ	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания МТЗ НН3 при включенном СВ
МТЗ НН 3ускор	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания МТЗ НН3 с ускорением
Туск МТЗ НН3	0,05 – 27,00	с	27,00	Время ввода ускорения МТЗ НН3
МТЗ НН 3отклQ2	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания МТЗ НН3 на отключение Q2
ЛЗШ				
Тср ЛЗШ НН1	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания ЛЗШ 1СШ

Название защиты	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
Неиспр ЛЗШ НН1	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания неисправности ЛЗШ 1СШ
Действие ЛЗШ НН1	предусмотрено / не предусмотрено	–	не предусмотрено	Действие ЛЗШ 1СШ
Тср ЛЗШ НН3	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания ЛЗШ 3СШ
Неиспр ЛЗШ НН3	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания неисправности ЛЗШ 3СШ
Действие ЛЗШ НН3	предусмотрено / не предусмотрено	–	не предусмотрено	Действие ЛЗШ 3СШ
ЗМН				
Макс У _{нн1}	10,0 – 100,0	В	85,0	Напряжение срабатывания макс.реле напряжения НН1
ЗМН У _{нн1}	10,0 – 100,0	В	85,0	Напряжение срабатывания мин.реле напряжения НН1
Тср ЗМН У _{нн1}	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания ЗМН 1СШ
Макс У _{нн3}	10,0 – 100,0	В	85,0	Напряжение срабатывания макс.реле напряжения НН3
ЗМН У _{нн3}	10,0 – 100,0	В	85,0	Напряжение срабатывания мин.реле напряжения НН3
Тср ЗМН У _{нн3}	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания ЗМН 3СШ
ЗДЗ				
Т блок ЗДЗ1	0,05 – 27,00	с	27,00	Время блокировки Q1 от ЗДЗ 1СШ
Т блок ЗДЗ3	0,05 – 27,00	с	27,00	Время блокировки Q4 от ЗДЗ 3СШ

Таблица А7 – Перечень параметров срабатывания шкафа защиты ШЭ2710 542 (терминал БЭ2704 542), предназначенных для задания в терминале защиты и рассмотренных в данных методических указаниях

Название защиты	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
Общая логика				
Ібаз ВН	0,251 – 16,000	А	1,001	Базисный ток стороны ВН
Ібаз СН	0,251 – 16,000	А	1,001	Базисный ток стороны СН
Ібаз НН	0,251 – 16,000	А	1,001	Базисный ток стороны НН
Ібаз КИВ	0,251 – 16,000	А	0,500	Базисный ток КИВ
Схема ВН/НН	Y/Y(D/D), Y/D	–	Y/Y	Схема соединения АТ ВН/НН
Схема СН/НН	Y/Y(D/D), Y/D	–	Y/Y	Схема соединения АТ СН/НН
Сторона ВН	нет/есть	–	есть	Сторона ВН

Название защиты	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
Сторона СН	нет/есть	–	есть	Сторона СН
Сторона НН	нет/есть	–	есть	Сторона НН
Твых.цепей	0,05 – 0,60	с	0,05	Время подхвата срабатывания выходных цепей
Тнеис.ЦН	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания неисправности цепей напряжения
Вкл.ТТ НН	на линейные токи/ на фазные токи	–	на фазн.токи	Включение ТТ НН
Пожаротушение				
Т пож.туш.А	0,05 – 27,00	с	0,05	Время подхвата срабатывания пуска пожаротушения фаза А
Т огр.пож.А	0,05 – 27,00	с	27,00	Время ограничения пуска пожаротушения фаза А
Т пож.туш.В	0,05 – 27,00	с	0,05	Время подхвата срабатывания пуска пожаротушения фаза В
Т огр.пож.В	0,05 – 27,00	с	27,00	Время ограничения пуска пожаротушения фаза В
Т пож.туш.С	0,05 – 27,00	с	0,05	Время подхвата срабатывания пуска пожаротушения фаза С
Т огр.пож.С	0,05 – 27,00	с	27,00	Время ограничения пуска пожаротушения фаза С
ДЗТ				
Isр ДЗТ	0,20 – 1,00	о.е.	1,00	Ток срабатывания ДЗТ
It0 ДЗТ	0,60 – 1,00	о.е.	1,00	Ток начала торможения ДЗТ
It max ДЗТ	1,2 – 3,0	о.е.	1,5	Ток торможения блокировки ДЗТ
Kт ДЗТ	0,2 – 0,7	о.е.	0,7	Коэффициент торможения ДЗТ
Кбл по 2гар	0,08 – 0,15	о.е.	0,10	Уровень блокировки по 2-й гармонике
Диф.отсеч.	6,5 – 40,0	о.е.	6,5	Ток срабатывания дифференциальной отсечки
КИВ ВН				
Мод.подстр. Ia КИВ	0,01 – 4000,00	о.е.	200,00	Модуль подстройки Ia КИВ ВН
УголПодстрIa-КИВ	-180,00 – 180,00	–	0	Угол вектора подстройки Ia КИВ ВН
Мод.подстр. Ib КИВ	0,01 – 4000,00	о.е.	200,00	Модуль подстройки Ib КИВ ВН
УголПодстрIb-КИВ	-180,00 – 180,00	–	0	Угол вектора подстройки Ib КИВ ВН
Мод.подстр. Ic КИВ	0,01 – 4000,00	о.е.	200,00	Модуль подстройки Ic КИВ ВН
УголПодстрIc-КИВ	-180,00 – 180,00	–	0	Угол вектора подстройки Ic КИВ ВН/

Название защиты	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
Исигн КИВ	5 – 15	о.е.	5	Ток срабатывание КИВ ВН на сигнал
Изагр КИВ	5 – 15	о.е.	10	Ток срабатывание КИВ ВН на сигнал при загрузлении
ТсрКИВсигнал	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания КИВ ВН на сигнал
ТсрКИВоткл	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания КИВ ВН на отключение
ТсрКИВзагр	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания КИВ ВН на отключение при загрузлении
ТнеиспрКИВ	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания неисправности КИВ ВН
УРОВ ВН				
Иср УРОВ ВН	0,04 – 2,00	А	2,00	Ток срабатывания реле тока УРОВ ВН
УРОВ СН				
Иср УРОВ СН	0,04 – 2,00	А	2,00	Ток срабатывания реле тока УРОВ СН
УРОВСН «на себя»	0,01 – 0,60	с	0,60	Время срабатывания УРОВ СН «на себя»
Тср.УРОВ СН	0,10 – 0,60	с	0,60	Время срабатывания УРОВ СН
Подт.УРОВ-КQC	предусмотрено /не предусмотрено	–	предусмотрено	Подтверждение пуска УРОВ СН от сигнализации КQC
УРОВСН «на себя»	предусмотрено /не предусмотрено	–	не предусмотрено	Действие УРОВ СН «на себя»
УРОВ НН				
Тср.УРОВ НН	0,10 – 0,60	с	0,60	Время срабатывания УРОВ НН
МТЗ НН				
Иср МТЗ НН	0,10 – 100,00	А	100,00	Ток срабатывания МТЗ НН
Мин. Унн	10,0 – 100,0	В	100,0	Напряжение срабатывания минимального реле пуска по напряжению НН
U2 НН	6,0 – 24,0	В	24,0	Напряжение срабатывания реле обратной последовательности НН
Тср МТЗНН 1ст.	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания МТЗ НН 1 ступень
Тср МТЗНН 2ст.	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания МТЗ НН 2 ступень
Уст. ТО НН	1,00 – 150,00	А	150,00	Ток срабатывания отсечки
Тср ТО НН	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания ТО НН
ПкПоU МТЗ	предусмотрен /	–	предусмотрен	Пуск МТЗ НН

Название защиты	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
НН	не предусмотрен			
ЛЗ				
Тср ЛЗ НН	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания ЛЗ НН
Действие ЛЗ НН	предусмотрен / не предусмотрен	–	предусмотрен	Действие логической защиты НН
ЗП				
Иср ЗП ВН	0,10 – 150,00	А	100,00	Ток срабатывания ЗП на стороне ВН
Иср ЗП нейтр	0,10 – 150,00	А	100,00	Ток срабатывания ЗП на стороне нейтрали
Иср ЗП НН	0,10 – 150,00	А	100,00	Ток срабатывания ЗП на стороне НН
Т ЗП	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания ЗП
Автоматика охлаждения				
ИсрОхл.ВН-1	0,10 – 100,00	А	100,00	Ток срабатывания 1 ступени автоматике охлаждения ВН
ИсрОхл.Ней-1	0,10 – 100,00	А	100,00	Ток срабатывания 1 ступени автоматике охлаждения нейтрали
ИсрОхл.НН-1	0,10 – 100,00	А	100,00	Ток срабатывания 1 ступени автоматике охлаждения НН
ИсрОхл.ВН-2	0,10 – 100,00	А	100,00	Ток срабатывания 2 ступени автоматике охлаждения ВН
ИсрОхл.Ней-2	0,10 – 100,00	А	100,00	Ток срабатывания 2 ступени автоматике охлаждения нейтрали
ИсрОхл.НН-2	0,10 – 100,00	А	100,00	Ток срабатывания 2 ступени автоматике охлаждения НН
Блокировка РПН				
БлокРПН Исн	0,10 – 100,00	А	100,00	Ток срабатывания блокировки РПН по току СН
Контроль изоляции НН				
Уср.минНН1	10,0 – 100,0	В	100,0	Напряжение срабатывания реле контроля изоляции НН
Земля НН	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания контроля изоляции НН

Таблица А8 – Перечень параметров срабатывания шкафа защиты ШЭ2710 542543 (терминал БЭ2704 543), предназначенных для задания в терминале защиты и рассмотренных в данных методических указаниях

Название защиты	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
Общая логика				
Ибаз НН	0,251 – 16,000	А	1,001	Базисный ток стороны НН
Ибаз НН1	0,251 – 16,000	А	1,001	Базисный ток стороны НН1

Название защиты	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
Ібаз ННЗ	0,251 – 16,000	А	1,001	Базисный ток стороны ННЗ
Ібаз ЛРТ	0,251 – 16,000	А	1,001	Базисный ток стороны ЛРТ
Схема НН/ННЗ	Y/Y(D/D), Y/D	–	Y/Y	Схема соединения АТ НН/ННЗ
Схема НН1/ННЗ	Y/Y(D/D), Y/D	–	Y/Y	Схема соединения АТ НН1/ННЗ
Сторона НН	нет/есть	–	есть	Сторона НН
Сторона НН1	нет/есть	–	есть	Сторона НН1
Сторона ННЗ	нет/есть	–	есть	Сторона ННЗ
Сторона ЛРТ	нет/есть	–	есть	Сторона ЛРТ
Твых.цепей	0,05 – 0,60	с	0,05	Время подхвата срабатывания выходных цепей
ДЗО НН				
Іср ДЗО НН	0,20 – 1,00	о.е.	1,00	Ток срабатывания ДЗО НН
Іт0 ДЗО НН	0,60 – 1,00	о.е.	1,00	Ток начала торможения ДЗО НН
Іт max ДЗО НН	1,2 – 3,0	о.е.	1,2	Ток торможения блокировки ДЗО НН
Кт ДЗО НН	0,2 – 0,7	о.е.	0,7	Коэффициент торможения ДЗТ
Кбл по 2гар	0,08 – 0,15	о.е.	0,10	Уровень блокировки по 2-й гармонике
Іср.отсеч.	6,5 – 12,0	о.е.	6,5	Ток срабатывания дифференциальной отсечки
УРОВ НН				
Іср УРОВ НН	0,04 – 2,00	А	2,00	Ток срабатывания реле тока УРОВ НН
МТЗ НН1				
1ст МТЗ НН1	0,1 – 100,0	А	100,0	Ток срабатывания первой ступени МТЗ НН1
2ст МТЗ НН1	0,1 – 100,0	А	100,0	Ток срабатывания второй ступени МТЗ НН1
Мин. U _{нн1}	10,0 – 100,0	В	100,0	Напряжение срабатывания минимального реле пуска по напряжению НН1
U ₂ НН1	6,0 – 24,0	В	24,0	Напряжение срабатывания реле обратной последовательности НН1
МТЗ НН1отклСВ	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания МТЗ НН 1 ступень при отключении СВ1 НН
МТЗ НН1вклСВ	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания МТЗ НН 1 ступень при включении СВ1 НН
МТЗ НН1ускор	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания МТЗ НН 1 с ускорением
Туск МТЗ НН1	0,05 – 27,00	с	27,00	Время ввода ускорения МТЗ

Название защиты	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
				НН1
МТЗ НН1отклQ2	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания МТЗ НН1 на отключение Q2
МТЗ НН3				
ИсрМТЗ НН3-1ст.	0,1 – 100,0	А	100,0	Ток срабатывания первой ступени МТЗ НН3
ИсрМТЗ НН3-2ст	0,1 – 100,0	А	100,0	Ток срабатывания второй ступени МТЗ НН3
Мин. U _{нн3}	10,0 – 100,0	В	100,0	Напряжение срабатывания минимального реле пуска по напряжению НН3
U ₂ НН3	6,0 – 24,0	В	24,0	Напряжение срабатывания реле обратной последовательности НН3
МТЗ НН3отклСВ	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания МТЗ НН3 при отключении СВ2 НН
МТЗ НН3вклСВ	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания МТЗ НН3 при включении СВ2 НН
МТЗ НН3ускор	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания МТЗ НН3 с ускорением
Туск МТЗ НН3	0,05 – 27,00	с	27,00	Время ввода ускорения МТЗ НН3
МТЗ НН3отклQ2	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания МТЗ НН3 на отключение Q2
ЛЗШ				
Тср ЛЗШ НН1	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания ЛЗШ НН1
НеиспрЛЗШНН1	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания неисправности цепей ЛЗШ НН1
ЛЗШ НН1	предусмотрено / не предусмотрено	–	не предусмотрено	Действие ЛЗШ 1СШ
ЛЗШ НН1 откл.Q1	без АПВ/ с АПВ	–	без АПВ	Действие ЛЗШ НН1 на отключение Q1
Тср ЛЗШ НН3	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания ЛЗШ НН3
НеиспрЛЗШНН3	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания неисправности цепей ЛЗШ НН3
Действие ЛЗШ НН3	предусмотрено / не предусмотрено	–	не предусмотрено	Действие ЛЗШ 3СШ
ЛЗШ НН1 откл.Q4	без АПВ/ с АПВ	–	без АПВ	Действие ЛЗШ НН3 на отключение Q4

Название защиты	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
ЛРТ				
IoхлЛРТ	0,10 – 100,00	А	100,00	Ток срабатывания охлаждения ЛРТ
IблокЛРТ	0,10 – 100,00	А	100,00	Ток срабатывания блокировки РПН ЛРТ
ЗМН				
UмаксЗМН НН1	10,0 – 100,0	В	100,00	Напряжение срабатывания макс.реле напряжения НН1
UмаксЗМН НН3	10,0 – 100,0	В	100,00	Напряжение срабатывания макс.реле напряжения НН3
UминЗМН НН1	10,0 – 100,0	В	100,00	Напряжение срабатывания мин.реле напряжения НН1
UминЗМН НН3	10,0 – 100,0	В	100,00	Напряжение срабатывания мин.реле напряжения НН3
Tср ЗМН НН1	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания ЗМН НН1
Tср ЗМН НН3	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания ЗМН НН3
ЗДЗ				
Т блок ЗДЗ1	0,05 – 27,00	с	27,00	Время блокировки Q1 от ЗДЗ НН1
Т блок ЗДЗ3	0,05 – 27,00	с	27,00	Время блокировки Q1 от ЗДЗ НН3

Таблица А9 – Перечень параметров срабатывания шкафа защиты ШЭ2710 544 (терминал БЭ2704 544), предназначенных для задания в терминале защиты и рассмотренных в данных методических указаниях

Название защиты	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
Общая логика				
Iбаз ВН1	0,251 – 16,000	А	1,000	Базисный ток стороны ВН1
Iбаз ВН2	0,251 – 16,000	А	1,000	Базисный ток стороны ВН2
Iбаз СН	0,251 – 16,000	А	1,000	Базисный ток стороны СН
Iбаз НН	0,251 – 16,000	А	1,000	Базисный ток стороны НН
Схема ВН/НН	Y/Y(D/D), Y/D	–	Y/Y	Схема соединения АТ ВН/НН
Схема СН/НН	Y/Y(D/D), Y/D	–	Y/Y	Схема соединения АТ СН/НН
Сторона ВН1	нет/есть	–	есть	Сторона ВН1
Сторона ВН2	нет/есть	–	есть	Сторона ВН2
Сторона СН	нет/есть	–	есть	Сторона СН
Сторона НН	нет/есть	–	есть	Сторона НН
ТН НН	нет/есть	–	есть	ТН сторона НН
ТН НН1	нет/есть	–	нет	ТН сторона НН1
ТН НН2	нет/есть	–	нет	ТН сторона НН2
Твых.цепей	0,05 – 0,60	с	0,05	Время подхвата срабатывания выходных цепей

Название защиты	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
Тнеис.ЦН	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания неисправности цепей напряжения
Вкл.ТТ НН	на линейные токи/ на фазные токи	–	на фазн.токи	Включение ТТ НН
Пожаротушение				
Т пож.туш.А	0,05 – 27,00	с	0,05	Время подхвата срабатывания пуска пожаротушения фаза А
Т огр.пож.А	0,05 – 27,00	с	27,00	Время ограничения пуска пожаротушения фаза А
Т пож.туш.В	0,05 – 27,00	с	0,05	Время подхвата срабатывания пуска пожаротушения фаза В
Т огр.пож.В	0,05 – 27,00	с	27,00	Время ограничения пуска пожаротушения фаза В
Т пож.туш.С	0,05 – 27,00	с	0,05	Время подхвата срабатывания пуска пожаротушения фаза С
Т огр.пож.С	0,05 – 27,00	с	27,00	Время ограничения пуска пожаротушения фаза С
ДЗТ				
Иср ДЗТ	0,20 – 1,00	о.е.	1,00	Ток срабатывания ДЗТ
It0 ДЗТ	0,60 – 1,00	о.е.	1,00	Ток начала торможения ДЗТ
It мах ДЗТ	1,2 – 3,0	о.е.	1,5	Ток торможения блокировки ДЗТ
Кт ДЗТ	0,2 – 0,7	о.е.	0,7	Коэффициент торможения ДЗТ
Кбл по 2гар	0,08 – 0,15	о.е.	0,10	Уровень блокировки по 2-й гармонике
Диф.отсеч.	6,5 – 12,0	о.е.	6,5	Ток срабатывания дифференциальной отсечки
МТЗ НН				
Иср МТЗ НН	0,10 – 100,00	А	100,00	Ток срабатывания МТЗ НН
Мин. Унн	10,0 – 100,0	В	100,0	Напряжение срабатывания минимального реле пуска по напряжению НН
U2 НН	6,0 – 24,0	В	24,0	Напряжение срабатывания реле обратной последовательности НН
Мин. Унн1	10,0 – 100,0	В	100,0	Напряжение срабатывания минимального реле пуска по напряжению НН1
U2 НН1	6,0 – 24,0	В	24,0	Напряжение срабатывания реле обратной последовательности НН1
Мин. Унн2	10,0 – 100,0	В	100,0	Напряжение срабатывания минимального реле пуска по напряжению НН2

Название защиты	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
U2 НН2	6,0 – 24,0	В	24,0	Напряжение срабатывания реле обратной последовательности НН2
МТЗ НН 1 ст.	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания МТЗ НН 1 ступень
МТЗНН 2 ст.	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания МТЗ НН 2 ступень
Уст. ТО НН	1,00 – 150,00	А	150,00	Ток срабатывания отсечки
ТО НН	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания ТО НН
ПкПоU МТЗ НН	предусмотрен / не предусмотрен	–	предусмотрен	Пуск МТЗ НН
Газовые защиты				
Сигн.ГЗАТнаОТКЛ	предусмотрено /не предусмотрено	–	не предусмотрено	Перевод сигнальной ступени ГЗАТ на отключение

Таблица А10 – Перечень параметров срабатывания шкафа защиты ШЭ2710 541, предназначенных для задания в терминале защиты и рассмотренных в данных методических указаниях (в скобках указаны параметры для ШР с ДТФ)

Название защиты	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
Общая логика				
Ібаз ЛВ	0,251 – 16,000	А	1,001	Базисный ток стороны ЛВ
Ібаз НВ1 (Ібаз НВ)	0,251 – 16,000	А	1,001	Базисный ток стороны НВ1 (НВ)
Ібаз НВ2 (Ібаз ДТФ)	0,251 – 16,000	А	1,001	Базисный ток стороны НВ2 (ДТФ)
Ібаз КИВ	0,251 – 16,000	А	0,500	Базисный ток КИВ
Т вых.цепей	0,05 – 1,00	с	0,05	Время подхвата срабатывания выходных цепей
Т неис.ЦН	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания неисправности цепей напряжения
Т неис.ГЗ	0,05 – 27,00	с	9,00	Время срабатывания неисправности цепей оперативного тока газовой защиты
Сторона ЛВ	нет/ есть	–	есть	Сторона линейного ввода
Сторона НВ1 (Сторона НВ)	нет/ есть	–	есть	Сторона первого нейтрального ввода (Сторона нейтрального ввода)
Сторона НВ2 (Сторона ДТФ)	нет/ есть	–	есть	Сторона второго нейтрального ввода (Сторона ДТФ)

Название защиты	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
СигнГЗнаОткл	предусмотрено / не предусмотрено	–	не предусмотрено	Действие сигнальной ступени газовой защиты на отключение
Контр.ЦН	предусмотрен/ не предусмотрен	–	предусмотрен	Контроль цепей напряжения
Продольная ДТЗ				
Иср ПрДЗР	0,05 – 1,00	о.е.	1,00	Ток срабатывания продольной ДТЗР
It0 ДЗР	0,60 – 2,00	о.е.	1,00	Ток начала торможения продольной ДТЗР
Кт ДЗР	0,1 – 0,5	о.е.	0,5	Коэффициент торможения продольной ДТЗР
Кбл по 2гар	0,08 – 0,15	о.е.	0,15	Уровень блокировки по 2-й гармонике
Диф.отсеч	0,5 – 10,0	о.е.	10,0	Ток срабатывания дифференциальной отсечки
ПДЗР				
Иср поп.ДЗР	0,05 – 1,00	о.е.	1,00	Ток срабатывания ПДЗР
It max ДЗР	1,2 – 3,0	о.е.	1,5	Ток торможения блокировки ПДЗР
ТЗНП				
ИсрТЗНП-1ст	0,05 – 10,00	А	1,00	Ток срабатывания первой ступени ТЗНП
ИсрТЗНП-2ст	0,05 – 10,00	А	1,00	Ток срабатывания второй ступени ТЗНП
ТЗНП-1ст	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания первой ступени ТЗНП
ТЗНП-2ст	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания второй ступени ТЗНП
Устройство КИВ				
Исигн КИВ	5 – 15	о.е.	5	Ток срабатывания на сигнал
Изагр КИВ	5 – 15	о.е.	10	Ток срабатывания КИВ ВН на сигнал при загрузлении
ТсрКИВсигнал	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания КИВ ВН на сигнал
ТсрКИВоткл	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания КИВ ВН на отключение
ТсрКИВзагр	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания КИВ ВН при загрузлении
ТнеиспрКИВ	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания неисправности КИВ ВН
Автоматика охлаждения				
ИсрОхл-1	0,10 – 10,00	А	10,00	Ток срабатывания первой ступени автоматике охлаждения

Название защиты	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
ИсрОхл-2	0,10 – 10,00	А	10,00	Ток срабатывания второй ступени автоматики охлаждения
Пожаротушение				
Иср УРОВ ЛВ	0,04 – 2,00	А	2,00	Ток срабатывания реле тока УРОВ ЛВ
Мин. УЛВ	10,0 – 100,0	В	100	Напряжение срабатывания минимального реле напряжения ЛВ
Т пож.туш.А	0,05 – 27,00	с	0,05	Время подхвата срабатывания пуска пожаротушения фазы А
Т огр.пож.А	0,05 – 27,00	с	27,00	Время ограничения пуска пожаротушения фазы А
Т деблок.А	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания деблокировки пожаротушения фазы А
Т пож.туш.В	0,05 – 27,00	с	0,05	Время подхвата срабатывания пуска пожаротушения фазы В
Т огр.пож.В	0,05 – 27,00	с	27,00	Время ограничения пуска пожаротушения фазы В
Т деблок.В	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания деблокировки пожаротушения фазы В
Т пож.туш.С	0,05 – 27,00	с	0,05	Время подхвата срабатывания пуска пожаротушения фазы С
Т огр.пож.С	0,05 – 27,00	с	27,00	Время ограничения пуска пожаротушения фазы С
Т деблок.С	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания деблокировки пожаротушения фазы С

Таблица А11 – Перечень параметров срабатывания шкафов защиты ошиновок ШЭ2607 051, ШЭ2607 051051, предназначенных для задания в терминале защиты и рассмотренных в данных методических указаниях

Название	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
Общая логика				
Ибаз ВН1	1,001 – 16,000	А	1,001	Базисный ток стороны ВН1
Ибаз ВН2	1,001 – 16,000	А	1,001	Базисный ток стороны ВН2
Ибаз Г-Т1	1,001 – 16,000	А	1,001	Базисный ток стороны Г-Т1
Ибаз Г-Т2	1,001 – 16,000	А	1,001	Базисный ток стороны Г-Т2
Твых.цепей	0,05 – 0,60	с	0,05	Время подхвата срабатывания выходных цепей
Топроб	0,05 – 0,60	с	0,05	Время подхвата команды опробования
Сторона ВН1	нет, есть	–	есть	Сторона ВН1

Название	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
Сторона ВН2	нет, есть	–	есть	Сторона ВН2
Сторона Г-Т1	нет, есть	–	есть	Сторона Г-Т1
Сторона Г-Т2	нет, есть	–	есть	Сторона Г-Т2
ДЗО				
Иср ДЗО	0,40 – 1,20	о.е.	1,20	Ток срабатывания ДЗО
It0 ДЗО	0,60 – 2,00	о.е.	1,00	Ток начала торможения ДЗО
Кт ДЗО	0,2 – 1,2	о.е.	1,2	Коэффициент торможения ДЗО
Иср.оч.ДЗО	0,20 – 1,20	о.е.	0,20	Ток срабатывания ДЗО при очувствлении
It0.оч.ДЗО	1,50 – 8,00	о.е.	1,50	Ток начала торможения ДЗО при очувствлении
Запрет АПВ				
Макс.Умф	20,0 – 100,0	В	80,0	Напряжение срабатывания макс. реле напряжения
Мин.Умф	20,0 – 100,0	В	20,0	Напряжение срабатывания мин. реле напряжения
Макс.U2	6,0 – 24,0	В	15,0	Напряжение срабатывания макс. реле напряжения обратной последовательности
Мин.U2	6,0 – 24,0	В	10,0	Напряжение срабатывания мин. реле напряжения обратной последовательности
Т ДЗО	0,05 – 27,00	с	27,00	Время запоминания работы ДЗО
Тзадер.АПВ	0,05 – 27,00	с	27,00	Время задержки на цикл АПВ
ЗАПВ-внешУРОВ	не предусмотрено / предусмотрено	–	не предусмотрено	Запрет АПВ при отключении от внешнего УРОВ
Очувствление				
ВрЗапОтсНапр	0,05 – 27,00	с	0,05	Время запоминания отсутствия напряжения
ЗадПриПод Напр	0,05 – 27,00	с	27,00	Время задержки при подаче напряжения
ВрЗапомСр-яДЗО	0,05 – 27,00	с	0,05	Время запоминания срабатывания ДЗО
Запр.Очувств	не предусмотрен / предусмотрен	–	не предусмотрено	Запрет очувствления после АПВ первого присоединения
Очув.ВН1 ВН2	не предусмотрено / предусмотрено	–	не предусмотрено	«Очувствление» при отсутствии тока ВН1 и ВН2
УРОВ				
Иср.УРОВ ВН1	0,04 – 0,40	о.е.	0,04	Ток срабатывания реле тока УРОВ ВН1

Название	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
Иср.УРОВ ВН2	0,04 – 0,40	о.е.	0,25	Ток срабатывания реле тока УРОВ ВН2
Иср.УРОВ Г-Т1	0,04 – 0,40	о.е.	0,25	Ток срабатывания реле тока УРОВ Г-Т1
Иср.УРОВ Г-Т2	0,04 – 0,40	о.е.	0,25	Ток срабатывания реле тока УРОВ Г-Т2
Тср.УРОВ ВН1	0,10 – 0,60	с	0,10	Время срабатывания УРОВ ВН1
Тср.УРОВ ВН2	0,10 – 0,60	с	0,10	Время срабатывания УРОВ ВН2
ПодтУРОВ ВН1-КQC	предусмотрено /не предусмотрено	–	не предусмотрено	Подхват блокировки при обрыве цепей тока
Контроль обрыва цепей тока				
Тобрыва	0,10 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания контроля обрыва цепей тока
ИсрОбрТока	0,04 – 0,20	о.е.	0,04	Ток срабатывания реле контроля обрыва цепей тока
ПодхвБлПриОбр	предусмотрено /не предусмотрено	–	не предусмотрено	Подхват блокировки при обрыве цепей тока

Таблица А12 – Перечень параметров срабатывания шкафа защиты ШЭ2607 061, предназначенных для задания в терминале защиты и рассмотренных в данных методических указаниях

Название	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
Фиксация присоединений				
ПрисоедQ1-2 зона	Откл. ИО2	–	ИО2	Присоединение Q1-2 – зона
ПрисоедQ1-1 зона	Откл. ИО1	–	ИО1	Присоединение Q1-1 – зона
ПрисоедQ3 зона	Откл. ПО-ИО1	–	ПО-ИО1	Присоединение Q3 – зона
ПрисоедQ4 зона	Откл. ПО-ИО2	–	ПО-ИО2	Присоединение Q4 – зона
ПрисоедQ5 зона	Откл. ПО-ИО1 ПО-ИО2	–	Откл	Присоединение Q5 – зона
ПрисоедQ6 зона	Откл. ПО-ИО1 ПО-ИО2	–	ПО-ИО1	Присоединение Q6 – зона
ПрисоедQ7 зона	Откл. ПО-ИО1 ПО-ИО2	–	ПО-ИО2	Присоединение Q7 – зона

Название	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
ПрисоедQ8 зона	Откл. ПО-ИО1 ПО-ИО2	–	ПО-ИО1	Присоединение Q8 – зона
ПрисоедQ9 зона	Откл. ПО-ИО1 ПО-ИО2	–	ПО-ИО2	Присоединение Q9 – зона
ПрисоедQ10 зона	Откл. ПО-ИО1 ПО-ИО2	–	ПО-ИО1	Присоединение Q10 – зона
ПрисоедQ11 зона	Откл. ПО-ИО1 ПО-ИО2	–	ПО-ИО1	Присоединение Q11 – зона
ПрисоедQ12 зона	Откл. ПО-ИО1 ПО-ИО2	–	ПО-ИО1	Присоединение Q12 – зона
ПрисоедQ13 зона	Откл. ПО-ИО1 ПО-ИО2	–	ПО-ИО1	Присоединение Q13 – зона
ПрисоедQ14 зона	Откл. ПО-ИО1 ПО-ИО2	–	ПО-ИО2	Присоединение Q14 – зона
ПрисоедQ15 зона	Откл. ПО-ИО1 ПО-ИО2	–	ПО-ИО2	Присоединение Q15 – зона
ПрисоедQ16 зона	Откл. ПО-ИО1 ПО-ИО2	–	ПО-ИО2	Присоединение Q16 – зона
ПрисоедQ17 зона	Откл. ПО-ИО1 ПО-ИО2	–	Откл	Присоединение Q17 – зона
ПрисоедQ18 зона	Откл. ПО-ИО1 ПО-ИО2	–	Откл	Присоединение Q18 – зона
Базисные токи присоединений				
Ибаз ПрQ1-2	1,000 – 25,000	A	1,000	Базисный ток присоединения Q1-2
Ибаз ПрQ1-1	1,000 – 25,000	A	1,000	Базисный ток присоединения Q1-1
Ибаз ПрQ3	1,000 – 25,000	A	1,000	Базисный ток присоединения Q3
Ибаз ПрQ4	1,000 – 25,000	A	1,000	Базисный ток присоединения Q4
Ибаз ПрQ5	1,000 – 25,000	A	1,000	Базисный ток присоединения Q5
Ибаз ПрQ6	1,000 – 25,000	A	1,000	Базисный ток присоединения Q6

Название	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
Ибаз ПрQ7	1,000 – 25,000	А	1,000	Базисный ток присоединения Q7
Ибаз ПрQ8	1,000 – 25,000	А	1,000	Базисный ток присоединения Q8
Ибаз ПрQ9	1,000 – 25,000	А	1,000	Базисный ток присоединения Q9
Ибаз ПрQ10	1,000 – 25,000	А	1,000	Базисный ток присоединения Q10
Ибаз ПрQ11	1,000 – 25,000	А	1,000	Базисный ток присоединения Q11
Ибаз ПрQ12	1,000 – 25,000	А	1,000	Базисный ток присоединения Q12
Ибаз ПрQ13	1,000 – 25,000	А	1,000	Базисный ток присоединения Q13
Ибаз ПрQ14	1,000 – 25,000	А	1,000	Базисный ток присоединения Q14
Ибаз ПрQ15	1,000 – 25,000	А	1,000	Базисный ток присоединения Q15
Ибаз ПрQ16	1,000 – 25,000	А	1,000	Базисный ток присоединения Q16
Ибаз ПрQ17	1,000 – 25,000	А	1,000	Базисный ток присоединения Q17
Ибаз ПрQ18	1,000 – 25,000	А	1,000	Базисный ток присоединения Q18
ДЗШ				
Иср ПО	0,40 – 1,20	о.е.	1,20	Ток срабатывания ПО
Ит0 ПО	1,00 – 2,00	о.е.	1,00	Ток начала торможения ПО
Кт ПО	0,6 – 1,2	о.е.	1,2	Коэффициент торможения ПО
Иср ИО1	0,40 – 1,20	о.е.	1,20	Ток срабатывания ИО1
Ит0 ИО1	1,00 – 2,00	о.е.	1,00	Ток начала торможения ИО1
Кт ИО1	0,6 – 1,2	о.е.	1,2	Коэффициент торможения ИО1
Иср ИО2	0,40 – 1,20	о.е.	1,20	Ток срабатывания ИО2
Ит0 ИО2	1,00 – 2,00	о.е.	1,00	Ток начала торможения ИО2
Кт ИО2	0,6 – 1,2	о.е.	1,2	Коэффициент торможения ИО2
ИсрОбрПО	0,04 – 0,20	о.е.	0,04	Ток срабатывания реле контроля обрыва цепей тока ПО
ИсрОбрИО1	0,04 – 0,20	о.е.	0,04	Ток срабатывания реле контроля обрыва цепей тока ИО1
ИсрОбрИО2	0,04 – 0,20	о.е.	0,04	Ток срабатывания реле контроля обрыва цепей тока ИО2
ИсрЧТО	0,20 – 1,00	о.е.	0,20	Ток срабатывания реле ЧТО

Название	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
Логика ДЗШ				
ТобрывПО	0,05 – 27,00	о.е.	27,00	Время срабатывания контроля обрыва цепей тока ПО
ТобрывИО1	0,05 – 27,00	о.е.	27,00	Время срабатывания контроля обрыва цепей тока ИО1
ТобрывИО2	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания контроля обрыва цепей тока ИО2
ТзапАПВ1	0,05 – 27,00	с	27,00	Время запоминания срабатывания ДЗШ 1сш в цикле АПВ
Т АПВ1сш	0,05 – 10,00	с	5,00	Время АПВ 1сш
ТзапАПВ2	0,05 – 27,00	с	27,00	Время запоминания срабатывания ДЗШ 2сш в цикле АПВ
Т АПВ2сш	0,05 – 10,00	с	5,00	Время АПВ 2сш
БлокОбрИО1	не предусмотрена/ предусмотрена	–	не предусмотрена	Блокировка ДЗШ при обрыве ИО1
БлокОбрИО2	не предусмотрена/ предусмотрена	–	не предусмотрена	Блокировка ДЗШ при обрыве ИО2
Запрет АПВ				
Мин. U-1сш	20,0 – 100,0	В	60,00	Напряжение срабатывания мин. реле напряжения 1сш,
Макс. U2-1сш	6,0 – 24,0	В	6,00	Напряжение срабатывания макс. реле обратной послед. 1сш
Мин. U-2сш	20,0 – 100,0	В	60,00	Напряжение срабатывания мин. реле напряжения 2сш
Макс. U2-2сш	6,0 – 24,0	В	6,00	Напряжение срабатывания макс. реле обратной послед. 2сш
ТзадНеисЦН1	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания неисправности цепей напряжения 1сш
ТзадНеисЦН2	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания неисправности цепей напряжения 2сш
ЗАПВ от УРОВ	с подтверждением/ без подтверждения	–	с подтверждением	Запрет АПВ от УРОВ

Название	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
Опробование				
Иср. РТ1	0,10 – 1,00	о.е.	0,20	Ток срабатывания реле тока РТ1
Иср. РТ2	0,10 – 1,00	о.е.	0,20	Ток срабатывания реле тока РТ2
Иср. РТ3	0,10 – 1,00	о.е.	0,20	Ток срабатывания реле тока РТ3
ТзапОпроб	0,05 – 0,60	с	0,60	Время запоминания команды опробования
ТзадОтключ	0,05 – 0,60	с	0,50	Время задержки отключения при опробовании
ТзадОстанВЧ	0,05 – 0,60	с	0,60	Время задержки останова ВЧ передатчика
Опробование Q1	от ПО и резервных защит/ от РТ1	–	-	Опробование Q1
Опробование Q3	от ПО и резервных защит/ от РТ2	–	-	Опробование Q3
Опробование Q4	от ПО и резервных защит/ от РТ3	–	-	Опробование Q4
Опробование Q6	от ПО / от ЧТО	–	-	Опробование Q6
Опробование Q7	от ПО / от ЧТО	–	-	Опробование Q7
Опробование Q8	от ПО / от ЧТО	–	-	Опробование Q8
Опробование Q9	от ПО / от ЧТО	–	-	Опробование Q9
УРОВ				
Иср.УРОВ Q1-2	0,04 – 0,40	о.е.	0,04	Ток срабатывания реле тока УРОВ Q1-2
Иср.УРОВ Q3	0,04 – 0,40	о.е.	0,04	Ток срабатывания реле тока УРОВ Q3
Иср.УРОВ Q4	0,04 – 0,40	о.е.	0,04	Ток срабатывания реле тока УРОВ Q4
УРОВ Q1 насебя	0,01 – 0,60	с	0,10	Время срабатывания УРОВ Q1 «на себя»
Тср.УРОВ Q1	0,10 – 0,60	с	0,30	Время срабатывания УРОВ Q1
УРОВ Q3 насебя	0,01 – 0,60	с	0,10	Время срабатывания УРОВ Q3 «на себя»
Тср.УРОВ Q3	0,10 – 0,60	с	0,30	Время срабатывания УРОВ Q3

Название	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
УРОВ Q4 насебя	0,01 – 0,60	с	0,10	Время срабатывания УРОВ Q4 «на себя»
Тср.УРОВ Q4	0,10 – 0,60	с	0,30	Время срабатывания УРОВ Q4
ПодтУРОВ Q1-КQC	предусмотрено/не предусмотрено	–	–	Подтверждение пуска УРОВ Q1 от сигнала КQC
УРОВ Q1'насебя'	предусмотрено/не предусмотрено	–	–	Действие УРОВ Q1 «на себя»
ПодтУРОВ Q3-КQC	предусмотрено/не предусмотрено	–	–	Подтверждение пуска УРОВ Q3 от сигнала КQC
УРОВ Q3'насебя'	предусмотрено/не предусмотрено	–	–	Действие УРОВ Q3 «на себя»
ПодтУРОВ Q4-КQC	предусмотрено/не предусмотрено	–	–	Подтверждение пуска УРОВ Q4 от сигнала КQC
УРОВ Q4'насебя'	предусмотрено/не предусмотрено	–	–	Действие УРОВ Q4 «на себя»

Таблица А13 – Перечень параметров срабатывания шкафа защиты ШЭ2607 062, предназначенных для задания в терминале защиты и рассмотренных в данных методических указаниях

Название защиты	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
Базисные токи присоединений				
Ібаз 1сш-Нтт1	1,000 – 16,000	А	1,001	Базисный ток 1-й группы ТТ 1 СШ
Ібаз 1сш-Нтт2	1,000 – 16,000	А	1,001	Базисный ток 1-й группы ТТ 2 СШ
Ібаз 2сш-Нтт1	1,000 – 16,000	А	1,001	Базисный ток 2-й группы ТТ 1 СШ
Ібаз 2сш-Нтт2	1,000 – 16,000	А	1,001	Базисный ток 2-й группы ТТ 2 СШ
ДЗШ				
Іср ПО	0,40 – 20,00	о.е.	1,20	Ток срабатывания ПО
Іср ИО1	0,40 – 20,00	о.е.	1,20	Ток срабатывания ИО1

Название защиты	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
I _{ср} ИО2	0,40 – 20,00	о.е.	1,20	Ток срабатывания ИО2
I _{ср} ОбрПО	0,04 – 0,20	о.е.	0,04	Ток срабатывания реле контроля обрыва цепей тока ПО
I _{ср} ЧТО	0,20 – 1,00	о.е.	0,20	Ток срабатывания реле ЧТО
Логика ДЗШ				
ТобрывПО	1,00 – 27,00	о.е.	27,00	Время срабатывания контроля обрыва цепей тока ПО
ТзапАПВ1	1,00 – 27,00	с	27,00	Время запоминания срабатывания ДЗШ 1СШ в цикле АПВ
ТогрДЗШ1	0,05 – 10,00	с	5,00	Время АПВ 1-го присоединения ДЗШ 1СШ
ТзапАПВ2	0,05 – 27,00	с	27,00	Время запоминания срабатывания ДЗШ 2СШ в цикле АПВ
ТогрДЗШ2	0,05 – 10,00	с	5,00	Время АПВ 2-го присоединения ДЗШ 2СШ
Запрет АПВ				
Мин. U-1сш	20,0 – 100,0	В	60,00	Напряжение срабатывания мин. реле напряжения 1сш,
Макс. U2-1сш	6,0 – 24,0	В	6,00	Напряжение срабатывания макс. реле обратной послед. 1сш
Мин. U-2сш	20,0 – 100,0	В	60,00	Напряжение срабатывания мин. реле напряжения 2сш
Макс. U2-2сш	6,0 – 24,0	В	6,00	Напряжение срабатывания макс. реле обратной послед. 2сш
ТзадНеисЦН1	1,00 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания неисправности цепей напряжения 1сш
ТзадНеисЦН2	1,00 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания неисправности цепей напряжения 2сш
Опробование				
ТзапОпроб	0,05 – 1,00	с	0,60	Время запоминания команды опробования
ТзадОтключ	0,05 – 1,00	с	0,50	Время задержки отключения при опробовании
	не предусмотрен / предусмотрен	–	предусмотрен	Контроль отсутствия напряжения 1сш

Название защиты	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
	не предусмотрен / предусмотрен	–	предусмотрен	Контроль отсутствия напряжения 2сш

Таблица А14 – Перечень параметров срабатывания шкафа защиты ШЭ2710 561, предназначенных для задания в терминале защиты и рассмотренных в данных методических указаниях

Название защиты	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
Общая логика				
ПрисоедQ1	откл. / вкл	–	вкл	Фиксация присоединения Q1
ПрисоедQ2	откл. / вкл	–	вкл	Фиксация присоединения Q2
ПрисоедQ3	откл. / вкл	–	вкл	Фиксация присоединения Q3
ПрисоедQ4	откл. / вкл	–	вкл	Фиксация присоединения Q4
ПрисоедQ5	откл. / вкл	–	вкл	Фиксация присоединения Q5
ПрисоедQ6	откл. / вкл	–	вкл	Фиксация присоединения Q6
ПрисоедQ7	откл. / вкл	–	вкл	Фиксация присоединения Q7
ПрисоедQ8	откл. / вкл	–	вкл	Фиксация присоединения Q8
ПрисоедQ9	откл. / вкл	–	вкл	Фиксация присоединения Q9
Ибаз ПрQ1	1,000 – 25,000	А	1,000	Базисный ток присоединения Q1
Ибаз ПрQ2	1,000 – 25,000	А	1,000	Базисный ток присоединения Q2
Ибаз ПрQ3	1,000 – 25,000	А	1,000	Базисный ток присоединения Q3
Ибаз ПрQ4	1,000 – 25,000	А	1,000	Базисный ток присоединения Q4
Ибаз ПрQ5	1,000 – 25,000	А	1,000	Базисный ток присоединения Q5
Ибаз ПрQ6	1,000 – 25,000	А	1,000	Базисный ток присоединения Q6
Ибаз ПрQ7	1,000 – 25,000	А	1,000	Базисный ток присоединения Q7
Ибаз ПрQ8	1,000 – 25,000	А	1,000	Базисный ток присоединения Q8
Ибаз ПрQ9	1,000 – 25,000	А	1,000	Базисный ток присоединения Q9
ДЗШ				
Иср ДЗШ	0,40 – 1,20	о.е.	1,20	Ток срабатывания ДЗШ
Ит0 ДЗШ	1,00 – 2,00	о.е.	1,00	Ток начала торможения ДЗШ
Кт ДЗШ	0,6 – 1,2	о.е.	1,2	Коэффициент торможения ДЗШ

Название защиты	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
Иср.оч. ДЗШ	0,20 – 1,20	о.е.	1,20	Ток срабатывания ДЗШ при очувствлении
Ит0.оч. ДЗШ	1,50 – 8,00	о.е.	1,00	Ток начала торможения ДЗШ при очувствлении
ИсрОбрыв	0,04 – 0,20	о.е.	0,04	Ток срабатывания реле контроля обрыва цепей тока ДЗШ
Тобрыв	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания реле контроля обрыва цепей тока
Твых.цепей	0,05 – 1,00	с	0,05	Время подхвата срабатывания выходных цепей
Запрет АПВ				
Макс.Умф	20,0 – 100,0	В	60,00	Напряжение срабатывания макс. реле напряжения
Мин.Умф	20,0 – 100,0	В	60,00	Напряжение срабатывания мин. реле напряжения
Макс.У2	6,0 – 24,0	В	6,00	Напряжение срабатывания макс. реле обратной послед.
Мин.У2	6,0 – 24,0	В	6,00	Напряжение срабатывания мин. реле обратной послед.
НеиспрЦН	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания неисправности цепей напряжения
Т ДЗШ	0,05 – 27,00	с	0,05	Время запоминания срабатывания ДЗШ
Тзад. АПВ	0,05 – 27,00	с	27,00	Время задержки на цикл АПВ
Очувствление				
ТзапОтсНапр	0,05 – 27,00	с	0,05	Время запоминания отсутствия напряжения
ТзадПодНапр	0,05 – 27,00	с	27,00	Время задержки при подаче напряжения
ТвводаОчув	0,05 – 27,00	с	0,05	Время ввода очувствления
Запр.очувст.	не предусмотрен / предусмотрен	–	не предусмотрен	Запрет очувствления после АПВ первого присоединения
Опробование				
ТзапОпроб	0,05 – 1,00	с	0,05	Время запоминания команды опробования
ТзадОтключ	0,05 – 1,00	с	1,00	Время задержки отключения при опробовании

Таблица А15 – Перечень параметров срабатывания шкафа защиты ШЭ2710 562, предназначенных для задания в терминале защиты и рассмотренных в данных методических указаниях

Название защиты	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
Базисные токи присоединений				
ПрисоедQ1	откл. / вкл	–	вкл	Фиксация присоединения Q1
ПрисоедQ2	откл. / вкл	–	вкл	Фиксация присоединения Q2
ПрисоедQ3	откл. / вкл	–	вкл	Фиксация присоединения Q3
ПрисоедQ4	откл. / вкл	–	вкл	Фиксация присоединения Q4
ПрисоедQ5	откл. / вкл	–	вкл	Фиксация присоединения Q5
ПрисоедQ6	откл. / вкл	–	вкл	Фиксация присоединения Q6
Ибаз ПрQ1	1,000 – 25,000	А	1,000	Базисный ток присоединения Q1
Ибаз ПрQ2	1,000 – 25,000	А	1,000	Базисный ток присоединения Q2
Ибаз ПрQ3	1,000 – 25,000	А	1,000	Базисный ток присоединения Q3
Ибаз ПрQ4	1,000 – 25,000	А	1,000	Базисный ток присоединения Q4
Ибаз ПрQ5	1,000 – 25,000	А	1,000	Базисный ток присоединения Q5
Ибаз ПрQ6	1,000 – 25,000	А	1,000	Базисный ток присоединения Q6
ДЗШ				
Иср ДЗШ	0,40 – 1,20	о.е.	1,20	Ток срабатывания ДЗШ
It0 ДЗШ	1,00 – 2,00	о.е.	1,00	Ток начала торможения ДЗШ
Кт ДЗШ	0,6 – 1,2	о.е.	1,2	Коэффициент торможения ДЗШ
Иср.оч. ДЗШ	0,20 – 1,20	о.е.	1,20	Ток срабатывания ДЗШ при очувствлении
It0.оч. ДЗШ	1,50 – 8,00	о.е.	1,00	Ток начала торможения ДЗШ при очувствлении
ИсрОбрыв	0,04 – 0,20	о.е.	0,04	Ток срабатывания реле контроля обрыва цепей тока ДЗШ
Тобрыв	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания реле контроля обрыва цепей тока
Твых.цепей	0,05 – 1,00	с	0,05	Время подхвата срабатывания выходных цепей
Запрет АПВ				
Макс.Умф	20,0 – 100,0	В	60,0	Напряжение срабатывания макс. реле напряжения
Мин.Умф	20,0 – 100,0	В	60,0	Напряжение срабатывания мин. реле напряжения
Макс. U2	6,0 – 24,0	В	6,0	Напряжение срабатывания макс. реле обратной послед.

Название защиты	Диапазон	Единица измерения	Значение по умолчанию	Описание
Мин.У2	6,0 – 24,0	В	6,0	Напряжение срабатывания мин. реле обратной послед.
НеиспрЦН	0,05 – 27,00	с	27,00	Время срабатывания неисправности цепей напряжения
Т ДЗШ	0,05 – 27,00	с	0,05	Время запоминания срабатывания ДЗШ
Тзад. АПВ	0,05 – 27,00	с	27,00	Время задержки на цикл АПВ
Тдребезга	0,05 – 1,00	с	1,00	Время отстройки от дребезга выключателя
Очувствление				
ТзапОтсНапр	0,05 – 27,00	с	0,05	Время запоминания отсутствия напряжения
ТзадПодНапр	0,05 – 27,00	с	27,00	Время задержки при подаче напряжения
ТвводаОчув	0,05 – 27,00	с	0,05	Время ввода очувствления
Запр.очувст.	не предусмотрен / предусмотрен	-	не предусмотрен	Запрет очувствления после АПВ первого присоединения
Опробование				
ТзапОпроб	0,05 – 1,00	с	0,05	Время запоминания команды опробования
ТзадОтключ	0,05 – 1,00	с	1,00	Время задержки отключения при опробовании

Приложение Б

Определение коэффициентов схем соединений сторон для ДТЗ Т (АТ) и ошиновки НН Т (АТ)

Наименование сторон для терминала БЭ2704 защит Т (АТ) и ошиновки НН Т (АТ) представлено в таблице В.1.

1) Для ДТЗ терминала защиты Т (АТ), в зависимости от схемы соединения обмоток силового трансформатора (автотрансформатора), от схемы соединения вторичных обмоток главных ТТ соответствующей стороны и от схемы включения ТТ НН (на фазные/линейные токи) параметр «Схема соединения стороны 1/3, 2/3 (1(2)/4,3/4)» выбирается в соответствии с выражением:

$$K_{\text{СХ,СТОР}3(4)} = \frac{K_{\text{СХ,ОБМ,СТОР}}}{K_{\text{СХ,ОБМ,3(4)}}} \cdot \frac{K_{\text{СХ,ТТ,СТОР}}}{K_{\text{СХ,ТТ,3(4)}} \cdot K_{\text{ВКЛ,ТТ,3(4)}}}, \quad (\text{Б.1})$$

где $K_{\text{СХ,ОБМ,СТОР}}$ – коэффициент, учитывающий схему соединения обмотки силового Т (АТ) соответствующей стороны (например, обмотки ВН или СН). $K_{\text{СХ,ОБМ,СТОР}} = 1$ – если обмотка соответствующей стороны силового Т (АТ) собрана в «звезду» и $K_{\text{СХ,ОБМ,СТОР}} = \sqrt{3}$ – если обмотка силового Т (АТ) собрана в «треугольник»;

$K_{\text{СХ,ОБМ,3(4)}}$ – коэффициент, учитывающий схему соединения обмотки НН силового Т (АТ);

$K_{\text{СХ,ТТ,СТОР}}$ – коэффициент, учитывающий схему соединения вторичных обмоток главных ТТ соответствующей стороны Т (АТ). $K_{\text{СХ,ТТ,СТОР}} = 1$ – если вторичная обмотка главного ТТ соответствующей стороны Т (АТ) собрана в «звезду» и $K_{\text{СХ,ТТ,СТОР}} = \sqrt{3}$ – если вторичная обмотка главного ТТ собрана в «треугольник»;

$K_{\text{СХ,ТТ,3(4)}}$ – коэффициент, учитывающий схему соединения вторичных обмоток главных ТТ на стороне НН. Схема соединения вторичных обмоток главных ТТ на стороне НН всегда должна быть по схеме «звезда» ($K_{\text{СХ,ТТ,3(4)}} = 1$);

$K_{\text{ВКЛ,ТТ,3(4)}}$ – коэффициент, учитывающий схему включения ТТ НН на линейные/фазные токи. При определении «Схемы соединения стороны 1/3, 2/3» для терминалов защит Т (АТ) БЭ2704 041, БЭ2704 042 принимаем $K_{\text{ВКЛ,ТТ,3(4)}} = 1$, т.е. считается, что ТТ НН всегда устанавливаются за «треугольником».

2) Для ДТЗ терминала защиты ошиновки низшего напряжения Т (АТ), в зависимости от схемы соединения вторичных обмоток главных ТТ соответствующей стороны и от схемы включения ТТ ввода НН (на фазные/линейные токи) параметр «Схема соединения стороны 1/3, 2/3» выбирается в соответствии с выражением:

$$K_{\text{СХ,СТОР}3} = \frac{K_{\text{СХ,ТТ,СТОР}} \cdot K_{\text{ВКЛ,ТТ,СТОР}}}{K_{\text{СХ,ТТ,3}} \cdot K_{\text{ВКЛ,ТТ,3}}}, \quad (\text{Б.2})$$

где $K_{\text{СХ,ТТ,СТОР}}$ – коэффициент, учитывающий схему соединения вторичных обмоток главных ТТ соответствующей стороны ошиновки низшего напряжения Т (АТ). $K_{\text{СХ,ТТ,СТОР}} = 1$ – если вторичная обмотка главного ТТ соответствующей стороны ошиновки низшего напряжения Т (АТ) собрана в «звезду» и $K_{\text{СХ,ТТ,СТОР}} = \sqrt{3}$ – если вторичная обмотка главного ТТ собрана в «треугольник»;

$K_{\text{СХ,ТТ,3}}$ – коэффициент, учитывающий схему соединения вторичных обмоток главных ТТ на стороне ННЗ. Схема соединения вторичных обмоток главных ТТ на стороне ННЗ всегда должна быть по схеме «звезда» ($K_{\text{СХ,ТТ,3}} = 1$);

$K_{\text{ВКЛ,ТТ,СТОР}}$ – коэффициент, учитывающий схему включения ТТ соответствующей стороны ошиновки низшего напряжения Т (АТ) на линейные/фазные токи. При определении «Схемы соединения стороны 1/3, 2/3» для терминалов защит ошиновки

низшего напряжения Т (АТ) БЭ2704 043, БЭ2704 543 принимаем $K_{ВКЛ,ТТ,НН1} = 1$ и $K_{ВКЛ,ТТ,НН3} = 1$, т.е. считается, что ТТ НН1, НН3 всегда устанавливаются на линейные токи.

В зависимости от результата расчета $K_{СХ,СТОП,3}$ выбирается значение параметра «Схемы соединения стороны 1/3, 2/3 (1(2)/4, 3/4)» в соответствии с таблицей Б.1.

Таблица Б.1 – Выбор параметра «Схема соединения стороны 1/3, 2/3 (1(2)/4, 3/4)»

$K_{СХ_СТОП/НН}$	$1/\sqrt{3}$	1
Схема соединения стороны 1/3, 2/3 (1(2)/4, 3/4)	Y/Δ	Y/Y (Δ/Δ)

При «Схеме соединения стороны 1/3, 2/3 (1(2)/4, 3/4)» – Y/Δ компенсация фазового сдвига и коэффициента схемы соответствующей стороны для дифференциально-токовой защиты осуществляется программно, по следующим выражениям:

$$\begin{aligned} \dot{I}_{A-СТОП*} &= \frac{\dot{I}_{a-СТОП} - \dot{I}_{b-СТОП}}{\sqrt{3} \cdot I_{БАЗ,СТОП}}, \quad \dot{I}_{B-СТОП*} = \frac{\dot{I}_{b-СТОП} - \dot{I}_{c-СТОП}}{\sqrt{3} \cdot I_{БАЗ,СТОП}}, \\ \dot{I}_{C-СТОП*} &= \frac{\dot{I}_{c-СТОП} - \dot{I}_{a-СТОП}}{\sqrt{3} \cdot I_{БАЗ,СТОП}}, \end{aligned} \quad (Б.3)$$

$$\dot{I}_{A-3(4)*} = \frac{\dot{I}_{a-3(4)}}{I_{БАЗ,3(4)}}, \quad \dot{I}_{B-3(4)*} = \frac{\dot{I}_{b-3(4)}}{I_{БАЗ,3(4)}}, \quad \dot{I}_{C-3(4)*} = \frac{\dot{I}_{c-3(4)}}{I_{БАЗ,3(4)}}, \quad (Б.4)$$

где $\dot{I}_{a-СТОП}$, $\dot{I}_{b-СТОП}$, $\dot{I}_{c-СТОП}$ – измеряемые токи соответствующей стороны 1, 2 (и 3);

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

$\dot{I}_{A-СТОП*}$, $\dot{I}_{B-СТОП*}$, $\dot{I}_{C-СТОП*}$ – расчетные токи стороны 1, 2 (и 3) для ДТЗ, приведенные к относительным единицам.

Например, компенсация фазового сдвига и коэффициента схемы для терминала БЭ2704 041 осуществляется по следующим выражениям:

$$\dot{I}_{A-ВН*} = \frac{\dot{I}_{a-ВН} - \dot{I}_{b-ВН}}{\sqrt{3} \cdot I_{БАЗ,ВН}}, \quad \dot{I}_{B-ВН*} = \frac{\dot{I}_{b-ВН} - \dot{I}_{c-ВН}}{\sqrt{3} \cdot I_{БАЗ,ВН}}, \quad \dot{I}_{C-ВН*} = \frac{\dot{I}_{c-ВН} - \dot{I}_{a-ВН}}{\sqrt{3} \cdot I_{БАЗ,ВН}}.$$

Для сторон СН, НН1 и НН2 формулы будут аналогичны.

При «Схеме соединения стороны 1/3, 2/3 (1(2)/4, 3/4)» – Y/Y (Δ/Δ) компенсация фазового сдвига и коэффициента схемы не требуется, т.е. расчет токов для ДТЗ Т (АТ), ошиновки НН Т (АТ) осуществляется по следующим выражениям:

$$\dot{I}_{A-СТОП*} = \frac{\dot{I}_{a-СТОП}}{I_{БАЗ,СТОП}}, \quad \dot{I}_{B-СТОП*} = \frac{\dot{I}_{b-СТОП}}{I_{БАЗ,СТОП}}, \quad \dot{I}_{C-СТОП*} = \frac{\dot{I}_{c-СТОП}}{I_{БАЗ,СТОП}}, \quad (Б.5)$$

где $\dot{I}_{a-СТОП}$, $\dot{I}_{b-СТОП}$, $\dot{I}_{c-СТОП}$ – измеряемые токи соответствующей стороны, А;

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

$\dot{I}_{A-СТОП*}$, $\dot{I}_{B-СТОП*}$, $\dot{I}_{C-СТОП*}$ – расчетные токи стороны для ДТЗ.

Приложение В

Расчет базисных токов и выравнивание токов присоединений

Неиспользуемые защиты должны выводиться ключами или накладками, параметры срабатывания неиспользуемых реле должны задаваться максимальными, неиспользуемые выдержки времени на срабатывание – максимальными, неиспользуемые выдержки времени на возврат – минимальными.

Перед выставлением параметров срабатывания защит необходимо обеспечить выравнивание токов по сторонам защиты. Для этого рассчитываются базисные токи терминалов защиты, на базе которых реализованы шкафы.

Терминал БЭ2704, предназначенный для защиты трансформатора (автотрансформатора) и для ошиновки НН трансформатора (автотрансформатора), также для шунтирующего реактора содержит 19 аналоговых входов [4]:

- 1 датчик постоянного тока (ДПТ);
- 6 трансформаторов напряжения;
- 12 трансформаторов тока, образующие четыре трехфазные группы (стороны), для подключения к цепям тока защищаемого объекта. Наименование данных групп для соответствующего терминала защиты приведены в таблице В.1.

Таблица В.1 – Наименование сторон для терминала БЭ2704 защит Т (АТ) и ШР

Версия терминала БЭ2704	Сторона			
	Группа ТТ терминала БЭ2704	№1	№2	№3
V041	ВН	СН	НН1	НН2
V042	ВН	СН	НН	не использ.
V043	НН	НН1	НН2	не использ.
V541	ЛВ	НВ1	НВ2	КИВ
V542	ВН	СН	НН	КИВ
V543	НН	НН1	НН2	ЛРТ
V544	ВН1	ВН2	СН	НН

В разделе «Общая логика» для терминалов БЭ2704 041, 042, 043, 541, 542, 543, 544 задаются следующие параметры:

- базисный ток стороны №1;
- базисный ток стороны №2;
- базисный ток стороны №3;
- базисный ток стороны №4;
- схема соединения стороны №1/№3 (№1(2)/№4)²;
- схема соединения стороны №2/№3 (№3/№4)²;
- наличие/отсутствие стороны №1;
- наличие/отсутствие стороны №2;
- наличие/отсутствие стороны №3;
- наличие/отсутствие стороны №4.

¹ Данная сторона для терминалов БЭ2704 версии 042, 043, 541, 542, 543 не участвует в формировании дифференциального и тормозного тока для ДТЗ.

² Применительно только для терминала БЭ2704 544

1. Расчет базисных токов для шкафов защиты трансформаторов и автотрансформаторов на терминалах БЭ2704 041, БЭ2704 042, БЭ2704 542 и БЭ2704 544

Задаются следующие параметры для БЭ2704 041:

- группа соединения защищаемого трансформатора;
- базисные токи сторон ВН, СН, НН1, НН2;
- наличие/отсутствие сторон ВН, СН, НН1, НН2.

Задаются следующие параметры для БЭ2704 042:

- группа соединения защищаемого АТ - ВН/НН, СН/НН;
- базисные токи сторон ВН, СН, НН.

Задаются следующие параметры для БЭ2704 542 и БЭ2704 544:

- группа соединения защищаемого АТ;
- базисные токи сторон ВН, СН, НН;
- наличие/отсутствие сторон ВН, СН, НН.

Для БЭ2704 041, БЭ2704 042: Включение главных ТТ на всех сторонах должно быть по схеме «звезда». При группе соединения защищаемого Т по схеме Y/D-11 или АТ по схеме Y/D-11 и соединении главных ТТ сторон ВН и СН по схеме «звезда», компенсация фазового сдвига и коэффициента схемы осуществляется программно. Если главные ТТ трансформатора или АТ стороны ВН (СН) соединены в «треугольник», тогда для группы соединения трансформатора Y/D-11 или АТ по схеме Y/D-11 подстройка не нужна, но необходимо при расчете базисного тока учесть коэффициент схемы $K_{CX} = \sqrt{3}$.

Для БЭ2704 542 и БЭ2704 544: Включение главных ТТ на всех сторонах должно быть по схеме «звезда». При группе соединения защищаемого АТ по схеме Y/D-11 и соединении главных ТТ сторон ВН и СН по схеме «звезда», компенсация фазового сдвига и коэффициента схемы осуществляется программно.

Входные ТТ терминала имеют число витков первичной обмотки $W1 = 16$ с отводами от 1 и 4 витков для грубого выравнивания токов. На первом отводе при $W1 = 1$ виток обеспечивается диапазон токов от 4,001 до 16,000 А, на втором отводе при $W1 = 4$ витка обеспечивается диапазон токов от 1,000 до 4,001 А, на $W1 = 16$ витков обеспечивается выравнивание токов в диапазоне от 0,251 до 1,000 А. Таким образом для ДЗТ в терминале обеспечивается выравнивание токов в диапазоне от 0,25 до 16 А.

Номинальные токи по сторонам определяется по выражению:

$$I_{НОМ,СТОР} = \frac{S_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ,СТОР}}, \quad (B.1)$$

где $S_{НОМ}$ – номинальная мощность трансформатора (автотрансформатора);
 $U_{НОМ,СТОР}$ – номинальное напряжение стороны в среднем положении РПН.
Расчет базисного тока по сторонам производится по выражению:

$$I_{БАЗ,СТОР} = \frac{K_{CX,ТТ,СТОР} \cdot K_{АТ,СТОР}}{K_{ТТ,СТОР}} \cdot I_{НОМ,СТОР}, \quad (B.2)$$

где $I_{НОМ,СТОР}$ – номинальный ток стороны трансформатора (АТ);
 $K_{ТТ,СТОР} = w_2/w_1 = I_{1НОМ}/I_{2НОМ}$ – коэффициент трансформации главного ТТ соответствующей стороны;

$K_{CX,ТТ,СТОР}$ – коэффициент учитывающий схему соединения вторичных обмоток главных ТТ (для ТТ, соединенных в «звезду», $K_{CX,ТТ,СТОР} = 1$; для ТТ, соединенных в «треугольник», $K_{CX,ТТ,СТОР} = \sqrt{3}$);

$K_{АТ,СТОР}$ – коэффициент трансформации внешнего выравнивающего трансформатора или автотрансформатора (АТ-31 или АТ-32), используемого для

выравнивания значения базисного тока соответствующей стороны, если он выходит за пределы диапазона от 0,251 до 16,000 А. При первоначальном расчете базисного тока стороны принимается $K_{AT,STOP} = 1$.

Расчет базисного тока для стороны 3(4) производится по выражению:

$$I_{\text{БАЗ,СТОП,3(4)}} = \frac{K_{\text{СХ,ТТ,СТОП}} \cdot K_{\text{ВКЛ,ТТ,СТОП,3(4)}} \cdot K_{\text{АТ,СТОП}}}{K_{\text{ТТ,СТОП,3(4)}}} \cdot \frac{S_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{СТОП}}}, \quad (\text{В.3})$$

где $S_{\text{НОМ}}$ – номинальная полная мощность трансформатора (автотрансформатора);
 $U_{\text{СТОП}}$ – номинальное напряжение соответствующей стороны;
 $K_{\text{СХ,ТТ,СТОП}}$ – коэффициент учитывающий схему соединения вторичных обмоток главных ТТ (для ТТ, соединенных в «звезду», $K_{\text{СХ,ТТ,СТОП}} = 1$; для ТТ, соединенных в «треугольник», $K_{\text{СХ,ТТ,СТОП}} = \sqrt{3}$);
 $K_{\text{ТТ,СТОП,3(4)}}$ – коэффициент трансформации главного ТТ стороны 3 (4);
 $K_{\text{ВКЛ,ТТ,СТОП,3(4)}}$ – коэффициент учитывающий схему включения ТТ НН на линейные/фазные токи;
 $K_{\text{АТ,СТОП}}$ – коэффициент трансформации внешнего выравнивающего трансформатора или автотрансформатора (АТ-31 или АТ-32), используемого для выравнивания значения базисного тока соответствующей стороны, если он выходит за пределы диапазона от 0,251 до 16,000 А. При первоначальном расчете базисного тока стороны принимается $K_{\text{АТ,СТОП}} = 1$.

По базисным токам главных ТТ производится выбор числа витков первичных обмоток входных ТТ по сторонам для грубого выравнивания токов.

Примечание – В случае, когда значение базисного тока выходит за пределы диапазона выравнивания, рекомендуется использовать внешние выравнивающие трансформаторы или автотрансформаторы (например, АТ-31 или АТ-32).

Значения базисных токов по сторонам задаются в меню «Общая логика».

2. Расчет базисных токов для шкафов защиты трансформаторов и автотрансформаторов для защит на терминалах БЭ2704 043 и БЭ2704 543

Перед выставлением параметров срабатывания защит необходимо произвести параметрирование терминала БЭ2704 043, на базе которого реализован второй комплект шкафа защиты ШЭ2607 042043, или терминала БЭ2704 543, на базе которого реализован второй комплект шкафа ШЭ2710 542543.

Задаются следующие параметры:

- группа соединения защищаемой ошиновки НН – НН/НН3, НН1/НН3;
- базисные токи сторон НН, НН1, НН3.

Включение главных ТТ на всех сторонах должно быть по схеме «звезда».

Расчет базисных токов выполняется следующим образом:

- 1) главные ТТ сторон расположить в порядке уменьшения их коэффициентов трансформации;
- 2) определяется ТТ с наибольшим коэффициентом трансформации $K_{\text{ТТ,МАХ}}$;
- 3) базисный ток соответствующей стороны рассчитывается по выражению

$$I_{\text{БАЗ,СТОП}} = \frac{K_{\text{ТТ,МАХ}}}{K_{\text{ТТ,СТОП}}} \cdot K_{\text{СХ,ТТ,СТОП}} \cdot K_{\text{ВКЛ,ТТ,СТОП}} \cdot K_{\text{АТ,СТОП}} \cdot I_{\text{НОМ,ТТ,МАХ}}, \quad (\text{В.4})$$

где $I_{\text{НОМ,ТТ,МАХ}}$ – номинальный вторичный ток ТТ с максимальным коэффициентом трансформации $K_{\text{ТТ,МАХ}}$;

$K_{\text{ТТ,СТОП}}$ – коэффициент трансформации ТТ, соответствующей стороны НН, НН1, НН3;

$K_{СХ,ТТ,СТОП}$ – коэффициент учитывающий схему соединения вторичных обмоток главных ТТ (для ТТ, соединенных в «звезду», $K_{СХ,ТТ,СТОП} = 1$; для ТТ, соединенных в «треугольник», $K_{СХ,ТТ,СТОП} = \sqrt{3}$);

$K_{ВКЛ,ТТ,СТОП}$ – коэффициент учитывающий схему включения ТТ, соответствующей стороны ошиновки низшего напряжения Т (АТ), на линейные/фазные токи. $K_{ВКЛ,ТТ,СТОП} = 1$, для стороны НН1, НН3 и для стороны НН, если ТТ стороны НН расположены на линейных выводах НН АТ (включены на линейные токи), $K_{ВКЛ,ТТ,СТОП} = \sqrt{3}$, для стороны НН, если ТТ расположены в фазных выводах НН АТ (включены на фазные токи), для группы из 3-х однофазных АТ;

$K_{АТ,СТОП}$ – коэффициент трансформации внешнего выравнивающего трансформатора или автотрансформатора (АТ-31 или АТ-32), используемого для выравнивания значения базисного тока соответствующей стороны, если он выходит за пределы диапазона от 0,251 до 16,000 А. При первоначальном расчете базисного тока стороны принимается $K_{АТ,СТОП} = 1$.

По базисным токам сторон производится выбор числа витков первичных обмоток входных ТТ по сторонам для грубого выравнивания токов.

Примечание – В случае, когда значение базисного тока выходит за пределы диапазона выравнивания, рекомендуется использовать внешние выравнивающие трансформаторы или автотрансформаторы (например, АТ-31 или АТ-32).

Значения базисных токов по сторонам задаются в меню «Общая логика».

3. Расчет базисных токов для шкафа защиты шунтирующего реактора на терминале БЭ2704 541

Номинальный ток фазы шунтирующего реактора определяется по выражению:

$$I_{НОМ,ШР} = \frac{S_{НОМ,ШР}}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ,ШР}}, \quad (B.5)$$

где $S_{НОМ,ШР}$ – номинальная полная мощность защищаемого шунтирующего реактора;
 $U_{НОМ,ШР}$ – номинальное напряжение защищаемого шунтирующего реактора.

Расчет базисных токов по сторонам производится по выражению:

$$I_{БАЗ,СТОП} = \frac{K_{СХ,ТТ,СТОП} \cdot K_{АТ,СТОП}}{K_{ТТ,СТОП}} \cdot I_{НОМ,ШР}, \quad (B.6)$$

где $I_{НОМ,ШР}$ – номинальный ток шунтирующего реактора;

$K_{СХ,ТТ,СТОП}$ – коэффициент учитывающий схему соединения вторичных обмоток главных ТТ соответствующей стороны ШР. Для защит ШР, схема соединения вторичных обмоток главных ТТ, всегда должна быть по схеме «звезда» ($K_{СХ,ТТ,СТОП} = 1$);

$K_{ТТ,СТОП}$ – коэффициент трансформации главного ТТ соответствующей стороны;

$K_{АТ,СТОП}$ – коэффициент трансформации внешнего выравнивающего трансформатора или автотрансформатора (АТ-31 или АТ-32), используемого для выравнивания значения базисного тока соответствующей стороны, если он выходит за пределы диапазона от 0,251 до 16,000 А. При первоначальном расчете базисного тока стороны принимается $K_{АТ,СТОП} = 1$.

Значения базисных токов по сторонам задаются в меню «Общая логика».

Примечание – Для ПДЗР предусмотрено выравнивание различия токов в параллельных обмотках НВ1 и НВ2. Выравнивание осуществляется изменением значения базисных токов $I_{БАЗ,НВ1}$ и $I_{БАЗ,НВ2}$ при наладке и вводе защиты в работу. При этом сумма значений базисных токов НВ1 и НВ2 до и после корректировки не должна меняться, т.е. $I_{БАЗ,НВ1} + I_{БАЗ,НВ2} = I'_{БАЗ,НВ1} + I'_{БАЗ,НВ2} = const$.

Например, для ШПР типа 3*РОДЦ-60000/500 с $K_{ТТ,ЛВ} = 2000/1$ и $K_{ТТ,НВ1(2)} = 600/1$ расчетный номинальный ток ШПР равен:

$$I_{НОМ,ШПР} = \frac{S_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}} = \frac{3 \cdot 60000(\text{кВА})}{\sqrt{3} \cdot 525(\text{кВ})} = 197,95 \text{ (А)}.$$

Расчетный базисный ток стороны ЛВ, с учетом установки на данной стороне промежуточного ТТ типа АТ-31 с коэффициентом трансформации, равным 3,8, будет равен:

$$I_{БАЗ,ЛВ} = I_{НОМ,ШПР} \cdot \frac{K_{АТ,ЛВ}}{K_{ТТ,ЛВ}} = 197,95 \cdot \frac{3,8}{2000/1} = 0,376 \text{ (А)}.$$

Расчетный базисный ток стороны НВ1(2), будет равен:

$$I_{БАЗ,НВ1(2)} = I_{НОМ,ШПР} \cdot \frac{1}{K_{ТТ,НВ1(2)}} = 197,95 \cdot \frac{1}{600/1} = 0,330 \text{ (А)}.$$

При наладке и вводе защиты в работу реальные токи в параллельных обмотках НВ1 и НВ2 получились равными соответственно $I'_{БАЗ,НВ1} = 0,150 \text{ А}$ и $I'_{БАЗ,НВ2} = 0,173 \text{ А}$

Тогда уточненные базисные токи сторон НВ1 и НВ2 будут равны:

$$I'_{БАЗ,НВ1} = I_{БАЗ,НВ1(2)} \cdot \frac{2 \cdot I'_{НВ1}}{I'_{НВ1} + I'_{НВ2}} = 0,330 \cdot \frac{2 \cdot 0,150}{0,150 + 0,173} \approx 0,307 \text{ (А)};$$

$$I'_{БАЗ,НВ2} = I_{БАЗ,НВ1(2)} \cdot \frac{2 \cdot I'_{НВ2}}{I'_{НВ1} + I'_{НВ2}} = 0,330 \cdot \frac{2 \cdot 0,173}{0,150 + 0,173} \approx 0,353 \text{ (А)};$$

$$I'_{БАЗ,НВ1} + I'_{БАЗ,НВ2} = 2 \cdot I_{БАЗ,НВ1(2)} ;$$

$$0,307 + 0,353 = 2 \cdot 0,33 = 0,66 .$$

4. Расчет базисных токов для защит и выравнивание токов присоединений для шкафов защиты шин и ошинок на терминале БЭ2704 051, БЭ2704 061, БЭ2704 062, БЭ2704 561, БЭ2704 562

Расчет базисных токов присоединений ТТ в терминалах производится в следующей последовательности (в зависимости от типоразмера шкафа защиты принимаем $I_{НОМ} = 1$ или 5 А):

1) главные ТТ присоединений расположить в порядке уменьшения их коэффициентов трансформации;

2) при $I_{НОМ} = 1 \text{ А}$ базисный ток ТТ с наибольшим коэффициентом трансформации ($K_{ТТ1}$) принимается равным $I_{БАЗ} = 1,001$;

3) при $I_{НОМ} = 5 \text{ А}$ базисный ток ТТ с наибольшим коэффициентом трансформации ($K_{ТТ1}$) принимается равным $I_{БАЗ} = 5,000$;

4) базисные токи присоединений с меньшими коэффициентами трансформации ($K_{ТТ2}$) определяются с помощью выражения:

$$I_{БАЗ2} = I_{БАЗ1} \cdot \frac{K_{ТТ1}}{K_{ТТ2}}, \quad (\text{В.7})$$

где $I_{БАЗ2}$ – базисный ток присоединения с меньшим коэффициентом трансформации ТТ ($K_{ТТ2}$);

$I_{БАЗ1}$ – базисный ток ТТ с наибольшим коэффициентом трансформации ТТ ($K_{ТТ1}$).

Для остальных присоединений (или групп ТТ) расчет выполняется аналогично.

Значения базисных токов по сторонам задаются в меню «Общая логика».

Расчитанный базисный ток определяет весовой коэффициент учета тока присоединения в зависимости коэффициента ТТ. Для БЭ2704 051 диапазон базисных токов составляет от 1,001 до 16,000 А. Для БЭ2704 061, БЭ2704 561, БЭ2704 562: для

одноамперного исполнения от 1,000 до 16,000 А, для пятиамперного исполнения от 5,000 до 25,000 А.

Входные ТТ терминалов БЭ2704 051, БЭ2704 061 и БЭ2704 062 имеют число витков первичной обмотки $W1 = 16$ с отводами от 1 и 4 витков для выравнивания токов. На $W1 = 1$ виток обеспечивается диапазон токов от 4,000 до 16,000 А, на $W1 = 4$ витка обеспечивается диапазон токов от 1,000 до 4,000 А, на $W1 = 16$ витков обеспечивается диапазон токов от 0,250 до 1,000 А.

Необходимо проверить, в какой диапазон попадает значение $I_{БАЗ}$ каждого присоединения, и переставит отвод начала обмотки выравнивающих трансформаторов фаз А, В, С в соответствии с бланком параметров срабатывания.

Входные ТТ терминала БЭ2704 561 и БЭ2704 562 обеспечивают точное выравнивание токов присоединений в соответствии с картой заказа.

Приложение Г

1. Определение погрешности ТТ при внешних повреждениях

Значения полной погрешности ТТ должны определяться одним из известных способов. Например, кривые 10%-ной кратности (см. «Указания по расчету сечений жил контрольных кабелей в токовых цепях релейной защиты», №5916ТМ-Т1, Горьковское отделение института «Энергосетьпроект» 1972г.).

Если погрешность ТТ не превышает 10%, то в качестве расчетной принимается погрешность 10%.

Если погрешность превышает 10%, то ее действительное значение следует определять по характеристикам намагничивания ТТ.

По методам определения погрешностей ТТ см. литературу [23].

2. Требования к трансформаторам тока в схемах дифференциальной токовой защиты трансформатора, автотрансформатора, шунтирующего реактора, шин и ошиновок

В соответствии с [15] все трансформаторы тока (ТТ), предназначенные для питания токовых цепей устройств релейной защиты от КЗ, должны удовлетворять трем требованиям:

1. Обеспечивать точную работу измерительных органов токовых и дистанционных защит (направленных и ненаправленных) и не допускать излишних срабатываний дифференциальных защит при КЗ вне защищаемой зоны. Для этого погрешность (полная или токовая) ТТ, как правило, не должна превышать 10 %. Более высокие значения погрешности допускаются при использовании таких защит, у которых правильное действие при повышенных погрешностях обеспечивается с помощью специальных устройств. При этом для дифференциальных защит (шин, трансформаторов, генераторов и т. п.), а также для защит всех типов, включенных на сумму токов двух или более групп ТТ, в режимах внешних КЗ должна быть учтена полная погрешность ($\varepsilon \leq 10 \%$), а для токовых и дистанционных защит – токовая погрешность ($f \leq 10 \%$). Но при определении допустимого значения сопротивления нагрузки на ТТ (z_n) разрешается для всех типов защиты в качестве исходной принимать полную погрешность, что позволяет использовать одни и те же расчетные кривые предельных кратностей ТТ какого-либо типа независимо от вида включенных защит.

2. Обеспечивать надежное (без вибрации) замыкание контактов электромеханических реле тока, сопротивления и направления мощности при коротких замыканиях в начале защищаемой зоны, когда токовая погрешность ($f_{расч}$) может превышать 10 %, но не должна превышать значения, допустимого для выбранного типа реле ($f_{расч} < f_{доп}$). Кроме того, для реле направления мощности и направленных реле сопротивления токовая погрешность не должна превышать 50 % по условиям предельно допускаемой угловой погрешности (во избежание неправильной ориентации этих реле).

3. Не допускать при КЗ в начале зоны повышения напряжения на выводах вторичной обмотки ТТ и, соответственно, в цепях защиты выше допустимого значения, при котором определяется прочность изоляции цепей защиты ($U_{2max} \leq U_{2доп}$).

В соответствии с этими требованиями современная расчетная проверка ТТ, предназначенных для питания токовых цепей устройств релейной защиты от КЗ, состоит из трех расчетных проверок: проверки на 10 %-ную полную погрешность ($\varepsilon \leq 10 \%$) при расчетном токе; проверки надежности работы контактов электромеханических реле при максимальном значении тока КЗ через защиту ($f_{расч} \leq f_{доп}$) и расчетного определения напряжения на выводах вторичной обмотки ТТ при том же максимальном значении тока КЗ

($U_{2\max} \leq U_{2\text{доп}}$). Расчетная проверка на 10 %-ную полную погрешность. Наиболее известны три практических способа расчетной проверки ТТ на 10 %-ную погрешность [16]:

а) по специальным кривым предельной кратности $k_{10} = f(z_H)$, выполненных на основе работы Горьковское отделения института «Энергосетьпроект» – «Разработка универсальных характеристик для расчета трансформаторов тока со спрямленной характеристикой намагничивания» (инв. № 3746тм-т1);

б) по фактическим вольт-амперным характеристикам (кривым намагничивания) ТТ;

в) по типовым кривым намагничивания трансформаторной стали и параметрам данного типа ТТ.

Первый из способов используется при проектировании, а также при наладке и обслуживании устройств защиты, если приходится по каким-то причинам вносить изменения в проект (для ТТ по которым имеются кривые предельной кратности). Второй способ используется для ТТ у которых отсутствуют кривые предельной кратности и неизвестны параметры магнитопровода, но имеются реальные ВАХ ТТ, например при наладке и обслуживании устройств защиты. Третий способ используется сравнительно редко, в основном при проектировании устройств защиты, когда недостаточно знать, что $\varepsilon < 10\%$, а необходимо вычислить конкретное значение полной погрешности, но вольт-амперные характеристики этих ТТ отсутствуют, например ТТ импортного производства.

Для шкафов серии ШЭ2607 и ШЭ2710 необходимо применять ТТ соответствующие [18], с классом точности 5Р или 10Р с номинальной кратностью $K_{10 \text{ ном}}$ не менее 20.

Примечание – Для шунтирующих реакторов применяют одноамперные трансформаторы тока (расчеты по ШР ведутся с учетом одноамперности ТТ).

3. Выравнивание различий по коэффициентам ТТ присоединений

Дополнительно в разделе «Общая логика» для терминалов защит БЭ2704 542, 544 задается следующий параметр: «Включение ТТ НН».

Если для защиты стороны НН группы однофазных автотрансформаторов используется главные ТТ установленные внутри «треугольника», схема включения ТТ НН показана на рисунке Г.1 (а), то выбирается параметр «Включение ТТ НН» – «на фазные токи». При этом коэффициент учитывающий схему включения ТТ НН на линейные/фазные токи будет равен $K_{\text{вкл_ТТ_НН}} = 1/\sqrt{3}$.

При этом отстройка МТЗ НН от токов нулевой последовательности осуществляется программно, параметр срабатывания МТЗ НН задается в линейных величинах. Расчет токов для МТЗ НН соответствующих фаз выполняется по выражениям:

$$\dot{I}_{\text{А-НН}} = \frac{\dot{I}_{\text{а-НН}} - \dot{I}_{\text{б-НН}}}{\sqrt{3}} \quad \dot{I}_{\text{В-НН}} = \frac{\dot{I}_{\text{б-НН}} - \dot{I}_{\text{с-НН}}}{\sqrt{3}} \quad \dot{I}_{\text{С-НН}} = \frac{\dot{I}_{\text{с-НН}} - \dot{I}_{\text{а-НН}}}{\sqrt{3}} \quad (\text{Г.1})$$

где $\dot{I}_{\text{а-НН}}$, $\dot{I}_{\text{б-НН}}$, $\dot{I}_{\text{с-НН}}$ – измеряемые токи стороны НН;

$\dot{I}_{\text{А-НН}}$, $\dot{I}_{\text{В-НН}}$, $\dot{I}_{\text{С-НН}}$ – расчетные токи стороны НН для МТЗ НН.

Если используются главные ТТ НН которые установлены за «треугольником», схема включения ТТ НН показана на рисунке Г.1 (б), то выбирается параметр «Включение ТТ НН» - «на линейные токи». Коэффициент учитывающий схему включения ТТ НН на линейные/фазные токи будет равен $K_{\text{вкл_ТТ_НН}} = 1$. В этом случае компенсация токов нулевой последовательности для МТЗ НН не требуется. Расчет токов для МТЗ НН, соответствующих фаз, выполняется по выражениям:

$$\dot{I}_{A-НН} = \dot{I}_{a-НН}, \quad \dot{I}_{B-НН} = \dot{I}_{b-НН}, \quad \dot{I}_{C-НН} = \dot{I}_{c-НН}. \quad (\Gamma.2)$$

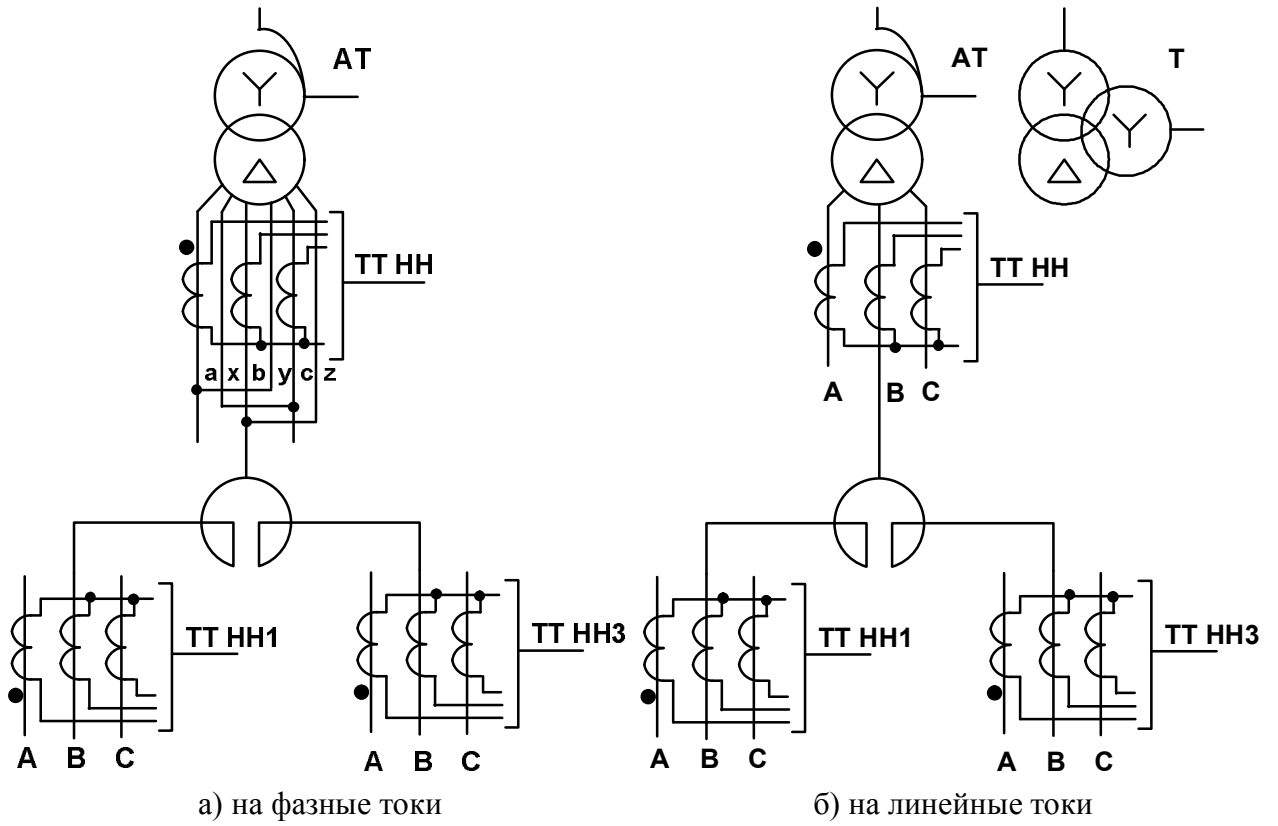


Рисунок Г.1 – Включение ТТ НН

Список литературы

1. Руководство по эксплуатации. ЭКРА.656453.031.РЭ. Том1. Редакция от 24.11.2006 г.
2. Руководящие указания по релейной защите. Вып. 13Б. Релейная защита понижающих трансформаторов и автотрансформаторов 110-500 кВ: Расчеты. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 96 с., ил.
3. Приказ Российского открытого акционерного общества энергетики и электрификации «ЕЭС России» № 57 от 11.02.2008 «Об организации взаимодействия ДЗО ОАО РАО «ЕЭС России» при создании или модернизации систем технологического управления в ЕЭС России, выполняемых в ходе нового строительства, технического перевооружения, реконструкции объектов электроэнергетики»
4. Руководящие указания по релейной защите. Вып. 12. Токовая защита нулевой последовательности от замыканий на землю линий 110-500 кВ. Расчеты. – М.: Энергия, 1980. – 88 с., ил.
5. Руководство по эксплуатации. ЭКРА.656453.133.РЭ. Том 1. Редакция от 14.02.2008 г.
6. Руководство по эксплуатации. ЭКРА.656453.032.РЭ. Том 1. Редакция от 10.12.2004 г.
7. Руководство по эксплуатации. ЭКРА.656453.026.РЭ. Том 1. Редакция от 20.07.2005 г.
8. Руководство по эксплуатации. ЭКРА.656453.038.РЭ. Том 1. Редакция от 30.12.2006 г.
9. Руководство по эксплуатации. ЭКРА.656453.046 РЭ. Том 1. Редакция от 15.03.2006 г.
10. Руководство по эксплуатации. ЭКРА.656453.027 РЭ. Том 1. Редакция от 12.12.2007 г.
11. Руководство по эксплуатации. ЭКРА.656453.034 РЭ. Том 1. Редакция от 09.06.2004 г.
12. Руководство по эксплуатации. ЭКРА.656453.037 РЭ. Том 1. Редакция от 29.10.2007 г.
13. Руководство по эксплуатации. ЭКРА.656453.042 РЭ. Том 1. Редакция от 10.06.2007 г.
14. Руководство по эксплуатации. ЭКРА.656453.043 РЭ. Том 1. Редакция от 10.05.2007 г.
15. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). – 6-е изд. – М. Энергоатомиздат, 1985.
16. Шабад М.А. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей. 3-е изд. – М. Энергоатомиздат, 1985.
17. Шабад М.А. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей: Монография./М.А. Шабад. – Спб.: ПЭИПК, 2003. – 4-е изд., перераб. и доп. – 350 стр., ил.

18. ГОСТ 7746-2001. Трансформаторы тока. Общие технические условия.
19. Шабад М.А. Максимальная токовая защита. – Л.: Энергоатомиздат. Ленинград.отд-ие, 1991. – 96 с.: ил.
20. В.Г. Гловацкий, И.В.Пономарев. Современные средства релейной защиты и автоматики электросетей. Энергомашвин, 4 электронная версия, 2004 г.
21. Силовые трансформаторы. Справочная книга / Под ред. С.Д. Лизунова, А.К. Лоханина. М: Энергоиздат, 2004. – 616 с.
22. ГОСТ 14209-97 (МЭК 354-91). Руководство по нагрузке силовых масляных трансформаторов (*Дата введения 2002.01.01*).
23. Королев Е.П., Либерзон Э.М. «Расчеты допустимых нагрузок в токовых цепях релейной защиты». – М.: Энергия, 1980. – 208 с., ил.